

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Управління процесами технічного обслуговування авіаційної техніки в системі підтримання льотної придатності повітряних суден»:

127 сторінок, 30 рис., 18 табл., 53 використаних джерела.

Об'єкт досліджень – підтримання льотної придатності ПС.

Предмет досліджень – управління процесами ТО повітряного судна та його компонентів.

Мета роботи – створення системи управління конструктивно-експлуатаційними властивостями виробів АТ та вибору раціональних режимів їх технічного обслуговування на основі інформаційних технологій з використанням автоматизованої експертної системи.

Методи досліджень – статистичні, математичне моделювання, метод «розпорядчих рішень».

Розроблені автором рекомендації можуть бути запропоновані для підвищення ефективності взаємодії між експлуатантом, розробником повітряних суден та їх компонентів, а також державним органом регулювання авіаційної діяльності з метою забезпечення та підтримання льотної придатності задля забезпечення безпеки польотів, ефективності функціонування авіаційно-транспортної системи та регулярності авіаційних перевезень.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати при проведенні наукових досліджень, у навчальному процесі та в практичній діяльності під час розробки програм технічного обслуговування повітряних суден з урахуванням специфіки діяльності експлуатанта.

**ЛЬОТНА ПРИДАТНІСТЬ, ПОВІТРЯНЕ СУДНО, ТЕХНІЧНЕ
ОБСЛУГОВУВАННЯ, НАДІЙНІСТЬ, ЕКСПЛУАТАНТ**

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ.....	
ВСТУП.....	
1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ РЕГЛАМЕНТАЦІЙ ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПІДТРИМАННЯ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН.....	
1.1 Загальні аспекти щодо ефективності процесів підтримання льотної придатності повітряних суден.....	
1.2 Основні принципи підтримання льотної придатності повітряних суден. Загальні вимоги.....	
1.3 Фактори, що визначають льотну придатність та її підтримання під час експлуатації повітряного судна.....	
1.4 Керування процесами забезпечення та підтримання льотної придатності повітряних суден.....	
1.5 Постановка задач та розробка схеми досліджень.....	
2 МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН.....	
2.1 Процедури регламентації процесів технічного обслуговування повітряних суден.....	
2.2 Методи і моделі оптимізації режимів технічного обслуговування.....	
2.3 Методи контролю та діагностування повітряного судна та його компонентів і фактори, що визначають їх ефективність.....	
Висновки до розділу 2.....	
3 РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПІДТРИМАННЯ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ТА ЇХ КОМПОНЕНТІВ.....	
3.1 Загальні питання.....	
3.2 Формалізація процесу функціонування складних систем повітряного судна.....	
3.3 Методологія побудови моделей керування процесом забезпечення	

	льотної придатності повітряного судна та оптимізації режимів його технічного обслуговування.....
3.4	Імітаційне моделювання процесів технічного обслуговування повітряного судна та його компонентів.....
3.5	Методичні основи розробки автоматизованої системи управління процесом проектування та оптимізації режимів технічного обслуговування.....
	Висновки до розділу 3.....
4	ОХОРОНА ПРАЦІ.....
4.1	Загальні положення.....
4.2	Небезпечні і шкідливі виробничі чинники під час технічного обслуговування повітряного судна та його компонентів.....
4.3	Технічні і організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників під час технічного обслуговування повітряних суден та їх компонентів.....
4.4	Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці.....
4.5	Визначення необхідної кількості пристроїв заземлення, довжини сполучної смуги й розмірів контуру заземлення на стоянці літаків для захисту від статичної електрики.....
	Висновки до розділу 4.....
5	ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....
5.1	Загальні питання.....
5.2	Дослідження в області підвищення паливної ефективності парку повітряних суден і зниження викидів парникових газів.....
	Висновки до розділу 4.....
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....
	СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ

АП	– авіаційна подія;
АТ	– авіаційна техніка;
АТС	– авіаційна техніка;
АПУ	– авіаційні правила України;
АШ	– авіаційний шум;
БП	– безпека польотів;
ГТД	– газотурбінний двигун;
ДАСУ	– Державна авіаційна адміністрація України;
ЖЦ	– життєвий цикл;
ЗР	– забруднюючі речовини;
ЛП	– льотна придатність;
НС	– навколишнє середовище;
ОП	– охорона праці;
ОСП	– особлива ситуація у польоті;
ПК	– персональний комп'ютер;
ПС	– повітряне судно;
СТС	– складна технічна система;
СС	– складна система;
ТО	– технічне обслуговування;
ТС	– технічний стан;
ЦА	– цивільна авіація;
EASA	– European aviation safety agency (Європейське агентство з безпеки авіації);
ICAO	– International civil aviation organization (Міжнародна організація цивільної авіації);
MSG	– Maintenance Steering Group (Методика формування планового технічного обслуговування).
CS	– Certification Specifications (Сертифікаційні специфікації);
SARP's	– Standard and recommended practices (Стандарти та рекомендовані практики);

ВСТУП

Забезпечення безпеки польотів (БП) є пріоритетом діяльності авіаційного транспорту і невід’ємною складовою національної безпеки. Цивільна авіація (ЦА) активно просуває свою продукцію на ринок міжнародних перевезень пасажирів, вантажів та інших авіаційних послуг.

Відповідно до Конвенції про міжнародну ЦА, Україна як член Міжнародної організації ЦА (ICAO) повинна дотримуватись встановлених цією організацією стандартів (SARP’s – standard and recommended practices (стандарти та рекомендовані практики)), згідно з якими кожна держава — член ICAO зобов’язана розробити і виконати національну програму БП, а суб’єкти авіаційної діяльності — впровадити систему управління БП [1].

Система управління БП — це сукупність заходів із застосування єдиного підходу до управління БП, що передбачає оптимізацію організаційної структури, розподіл відповідальності між органами державної влади та суб’єктами авіаційної діяльності, визначення політики та експлуатаційних процедур щодо забезпечення БП [2, 3].

В основі управління БП лежить системний підхід до виявлення і усунення джерел небезпеки та здійснення контролю за ризиками для забезпечення БП з метою мінімізації людських втрат, матеріальних, фінансових, екологічних та соціальних збитків.

На даний час згідно вимог ICAO та ЄС впроваджується сучасний підхід до управління БП як найбільш ефективна форма державного регулювання діяльності ЦА шляхом проведення постійної роботи з виявлення та усунення ризиків для забезпечення БП під час експлуатації повітряних суден (ПС), аеродромів, сертифікації персоналу, обслуговування повітряного руху, забезпечення та підтримання льотної придатності (ЛП) повітряних суден.

Впровадження сучасного підходу до управління БП потребує розроблення нових нормативно-правових актів, удосконалення державної політики щодо регулювання діяльності ЦА [4].

Розв'язанню проблеми оновлення парку ПС сприятиме частково безвідсоткове кредитування з державного бюджету на строк до трьох років експлуатантів ПС для закупівлі нової авіаційної техніки (АТ).

Необхідно удосконалити систему підтримання ЛП ПС з метою забезпечення безперервного взаємозв'язку між розробником, виробником і експлуатантом ПС у процесі модернізації АТ, дотримання правил її експлуатації [4].

Підвищення рівня БП передбачається досягти шляхом упровадження всіма суб'єктами авіаційної діяльності системи управління БП та поетапної модернізації інфраструктури галузі ЦА.

Визначення оптимального варіанта розв'язання проблеми на основі порівняльного аналізу можливих варіантів.

Можливі три варіанти розв'язання проблеми забезпечення на належному рівні безпеки польотів [4]:

- перший варіант передбачає модернізацію та істотне оновлення парку цивільних ПС, інфраструктури обслуговування повітряного руху, аеродромного забезпечення польотів та удосконалення системи підготовки авіаційного персоналу, що потребує значного обсягу бюджетних і позабюджетних коштів у розмірі кількох мільярдів гривень.

- другий варіант передбачає введення жорсткого контролю за дотриманням вимог БП суб'єктами авіаційної діяльності та вжиття відповідних санкцій, що може призвести до значного скорочення кількості авіаперевізників та інших суб'єктів авіаційної діяльності. Згідно з рекомендаціями ІКАО система державного регулювання повинна бути оптимально збалансованою щодо встановлення вимог до експлуатантів ПС, аеропортів та підприємств, що надають авіаційні послуги.

- оптимальним варіантом розв'язання проблеми є розроблення та виконання Програми, впровадження ефективної системи управління БП одночасно з поетапною модернізацією та оновленням парку ПС, інфраструктури обслуговування повітряного руху, аеродромного забезпечення польотів та удосконалення системи підготовки авіаційного персоналу.

За результатами аналізу документу [4] визначимо основні моменти з розв'язання проблеми забезпечення БП з боку такої її складової, – підтримання ЛП ПС, що передбачає здійснення комплексу заходів, спрямованих на:

- установлення сучасних вимог щодо забезпечення безпечної експлуатації ПС, аеродромів, засобів обслуговування повітряного руху та підготовки авіаційного персоналу;
- розподілу обов'язків та відповідальності за забезпечення БП між органами державної влади та суб'єктами авіаційної діяльності;
- створення суб'єктами авіаційної діяльності і впровадження власної системи управління безпекою польотів шляхом:
 - здійснення організаційних заходів, визначених у Керівництві з управління БП ІКАО;
 - забезпечення дотримання встановлених норм і правил з БП;
 - упровадження сучасних інформаційних технологій об'єктивного контролю якості виконання польотів;
 - упровадження систем виявлення, оцінки та управління ризиками;
 - удосконалення системи підготовки та підвищення кваліфікації фахівців з питань управління БП.

Науково-технічний прогрес в області технічного обслуговування (ТО) на стадії підтримання ЛП ПС припускає системне рішення ряду взаємопов'язаних проблем. Ці проблеми по ступені важливості і послідовності виконання можна об'єднати в наступні групи:

- розробка теоретичних і наукових основ ТО;
- оптимізація змісту й обсягів ТО ПС в процесі експлуатації;
- організація і керування процесами ТО ПС.

Спроби об'єднати зусилля фахівців для виконання комплексних наукових досліджень великих проблем підтримання ЛП ПС наштовхувалися на відомчі бар'єри і не давали очікуваних результатів. Недостатній поки й обсяг виконуваних робіт зі стандартизації в галузі експлуатації техніки [5].

Проблема розробки нових моделей і методів розрахунку й керування надійністю АТ виникла на основі потреб теорії й практики проектування й забезпечення надійності в експлуатації, при наявності реально існуючого протиріччя між ускладненням авіаційних конструкцій і вимогами забезпечення високої безвідмовності при зниженні вартості, трудомісткості, підвищенні ефективності використання, строків проектування й ін. Від рішення цього протиріччя залежить стан, розвиток і вдосконалення процесів проектування й експлуатації сучасних і перспективних ПС.

У цей час стало очевидним, що підвищити ефективність використання математичних методів дослідження складних систем з відновленням для виробів АТ можна, якщо йти не по шляху збільшення кількості існуючих методів і їхнього уточнення, а по шляху створення якісно нового підходу до аналізу надійності складних систем АТ на етапі проектування і її забезпечення в експлуатації.

Для забезпечення високої надійності АТ необхідно керувати процесом її формування, впливаючи на його окремі етапи й контролюючи ефективність керуючих впливів. Етапи життєвого циклу (ЖЦ) ПС та його компонентів не можна розглядати окремо, вони взаємозалежні та є елементами єдиної системи керування. Для забезпечення БП, а також ефективності використання парку ПС необхідні високонадійні ПС, витрати на створення яких повинні окупатися в процесі їхньої експлуатації. Однак, у ряді випадків, підвищення надійності вище певного рівня стає малоефективним в експлуатації. Крім того, є різні варіанти досягнення заданого рівня надійності, що охоплюють етапи проектування, виробництва й експлуатації, оптимізація яких дозволить одержати максимальний народногосподарський ефект.

Виконання робіт на різних етапах супроводжується прийняттям рішень, які мають специфічні особливості на кожній стадії, однак вони тісно взаємозалежні з усією сукупністю прийнятих рішень на різних етапах ЖЦ виробів. Так, питання ТО ПС передбачаються вже на етапі проектування (складова стадії забезпечення ЛП ПС): забезпечення пристосованості конструкції до ТО, встановлення оптимальної системи контролю й діагностування ПС, забезпечення відповідності

вимогам економічності, ефективності використання, працевтратам на ТО й ін. Слід зазначити, що на різних етапах об'єкти експлуатації мають різну інформаційну забезпеченість про його властивості, що викликає необхідність використовувати нові методологічні підходи при оптимізації рішень.

Працями вітчизняних і закордонних вчених доведена неефективність досягнення заданих вимог окремими, розрізненими заходами, необхідний комплексний, системний підхід на основі створення загальної методології надійнісного проектування складних систем з урахуванням їх відновлення в умовах експлуатації. Під надійнісним проектуванням розуміється процес розв'язання сукупності завдань, пов'язаних із визначенням і забезпеченням необхідного рівня надійності проєктованих систем. Важливе місце в цій методології належить методам прогнозу апріорної надійності системи АТ на етапі розробки й побудові на їхній основі інженерних методик, орієнтованих на використання інформаційних технологій керування технічним станом (ТС) ПС у процесі експлуатації з використанням автоматизованих систем.

Нові концепції підтримання ЛП ПС вимагають рішення задачі подальшого перспективного розвитку організаційно-технологічних структур організацій ТО. Повинні бути виділені і позначені проміжні етапи розвитку структур і визначений їхній вигляд на далеку перспективу. У перспективних структурах підприємств, зайнятих технічною експлуатацією ПС, чітко виділяються контури взаємозв'язаних блоків: блоку керування надійністю і ТС ПС і виробничого блоку. При цьому блок керування надійністю і ТС буде займати щільне місце в основному технологічному процесі ТО ПС. Його підрозділи будуть робити всебічну перевірку ЛП ПС, давати оцінку ТС і надійності функціональних систем і формувати завдання для підрозділів виробничого блоку на виконання необхідних ремонтно-відновлюваних робіт.

Актуальність роботи.

Формування надійності виробів АТ є складним процесом, що залежить від технічних і організаційних факторів, що охоплюють етапи проектування, виробництва й експлуатації, тобто стадії забезпечення та підтримання ЛП. Для

забезпечення високої надійності АТ необхідно керувати процесом її формування, впливаючи на його окремі етапи й контролюючи ефективність керуючих впливів. Етапи ЖЦ виробів АТ не можна розглядати окремо, вони взаємозалежні та є елементами єдиної системи керування.

Зміст і обсяги ТО сучасного ПС необхідно визначати не тоді, коли він вже остаточно виготовлений, і не по прототипу, як це найчастіше робиться. Дана задача повинна вирішуватися конструкторами ще на етапах проектування і початку виробництва ПС одночасно з рішенням задач забезпечення його конструктивно-експлуатаційних властивостей. Саме на цих етапах повинна формуватися програма ТО на тривалий період експлуатації ПС, що є основою при розробці експлуатаційно-технічної документації.

Задача розробки програм ТО є порівняно новою для нашої промисловості і складною для реалізації через відсутність досвіду. Однак ця задача породжена потребами експлуатації. Успіх її рішення багато в чому залежить від того, як незабаром буде розроблене методичне забезпечення по формуванню програм і створені необхідні інформаційні ресурси.

В остаточному підсумку питання ставиться так, щоб одночасно з новим типом ПС замовникові передавалася і програма його ТО на тривалий період експлуатації. Відповідно до даної програми замовник зобов'язаний здійснювати своєчасну підготовку необхідної виробничо-технічної бази для ефективної технічної експлуатації ПС.

Тому, у даній роботі запропоновано новий підхід до розробки методології забезпечення ТО в системі підтримання ЛП ПС та його компонентів.

Об'єкт досліджень – підтримання льотної придатності ПС.

Предмет досліджень – управління процесами ТО повітряного судна та його компонентів.

Методи досліджень – статистичні, математичне моделювання, метод «розпорядчих рішень».

Мета роботи – створення системи управління конструктивно-експлуатаційними властивостями виробів АТ та вибору раціональних режимів їх

технічного обслуговування на основі інформаційних технологій з використанням автоматизованої експертної системи.

Наукова новизна полягає у наступному:

- встановлено, що виконання широкого кола робіт по забезпеченню та підтриманню ЛП на різних стадіях ЛП (етапах ЖЦ циклу ПС) вимагає створення єдиної системи програмного управління процесами забезпечення та підтримання ЛП, яка враховувала би міжнародний досвід та зберігала наступність вітчизняної практики розробки, виробництва та експлуатації цивільних ПС.

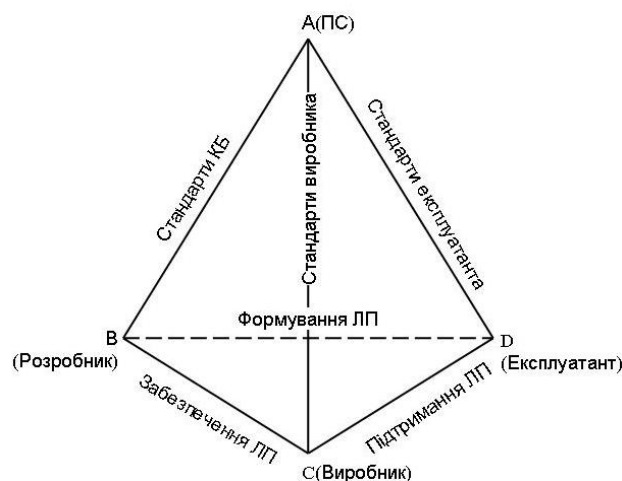
- розроблено та запропоновано новий підхід з розробки методології забезпечення процесів ТО та формування програм з ТО в системі підтримання ЛП ПС та їх компонентів;

- запропоновані основні етапи науково- дослідної роботи, надані основні джерела одержання економічної ефективності задля розробки автоматизованої інформаційної системи керування на основі запропонованої методології.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ РЕГЛАМЕНТАЦІЙ ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПІДТРИМАННЯ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

1.1 Загальні аспекти щодо ефективності процесів підтримання льотної придатності повітряних суден

Безпека польотів повітряних суден завжди була вирішальним властивістю авіаційно-транспортної системи (АТС), що визначає здатність виконувати польоти без загрози для життя і здоров'я людей. Безпека польотів залежить від ЛП ПС, загальний механізм забезпечення і підтримання якої може бути представлений у вигляді «піраміди» (рисунок 1.1) [6], звідки видно, що норми ЛП формуються при і виготовленні ПС, а підтримуються в період його безпосередньої експлуатації.



А – вершина піраміди – екземпляр ПС; основа піраміди: В – розробник,
С – виробник, D – експлуатант

Рисунок 1.1 – Графічна модель ЛП ПС

Як показує аналіз експлуатації ПС багатьох авіакомпаній, структура ЖЦ ПС має вигляд (рисунок 1.2) [5-7], причому з 65 % часу експлуатаційного періоду 40–60 % припадає на простої, пов'язані з ТО [6].

З аналізу представлених даних випливає, що стан ЛП формується в момент проектування і виробництва ПС, а реалізується в експлуатаційних умовах, на

частку яких припадає 65 % ЖЦ ПС. Цей період можна розглядати з урахуванням двох аспектів: технічного обслуговування та льотної експлуатації.

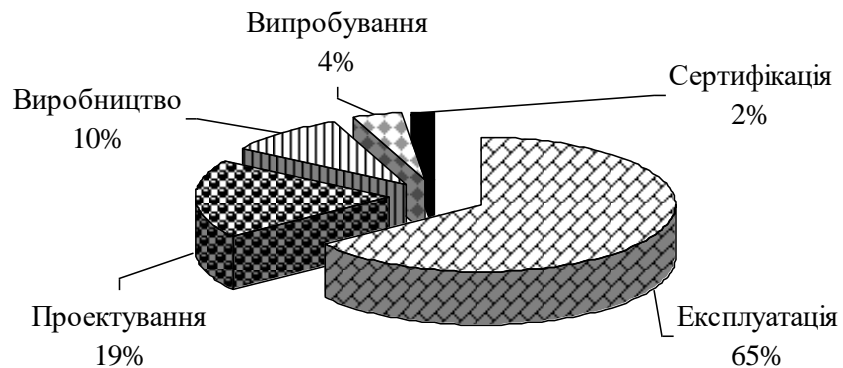


Рисунок 1.2 – Частка етапів життєвого циклу ПС за період його фізичного існування

Причому співвідношення часу на підтримання справного ТС ПС і часу на забезпечення польотів змінюється під впливом різних факторів, одним з яких є фізичний і моральний знос ПС (маркетинговий та функціональний ЖЦ) [6, 7].

Крім цього, процес забезпечення БП і ЛП ПС є дуже динамічним, так як складаються з кількох самостійних структур, що включають обов'язкове забезпечення ЛП. Наприклад, при забезпечення заданого рівня БП, при умові зберігання справного стану ПС (підтримання ЛП) необхідно враховувати наступне [6-11]:

- підтримання ПС в справному стані відповідно до встановлених норм;
- забезпечення своєчасного і якісного ТО ПС;
- забезпечення високого рівня БП, регулярності перевезень та якості обслуговування пасажирів;
- аналіз причин відмов і АТ, і реалізація заходів щодо їх попередження;
- удосконалення теоретичних знань та практичних навичок у льотного та сертифікованого персоналу з ТО ПС;
- планування використання ПС за нальотом, організація ТО, спеціальних оглядів і конструктивних доробок (модифікації). При цьому слід враховувати вимоги EASA Part-21, нормативних документів розробника та керівних документів (нормативно-правовий базис) Держави Реєстрації ПС.

Таким чином, організаційно елементи структурної схеми можна об'єднати в послідовний ланцюг, вихід з ладу кожного з елементів якої може привести до невиконання завдання всією системою, тобто до скорочення ЖЦ ПС [6, 9, 12] (рисунок 1.3).

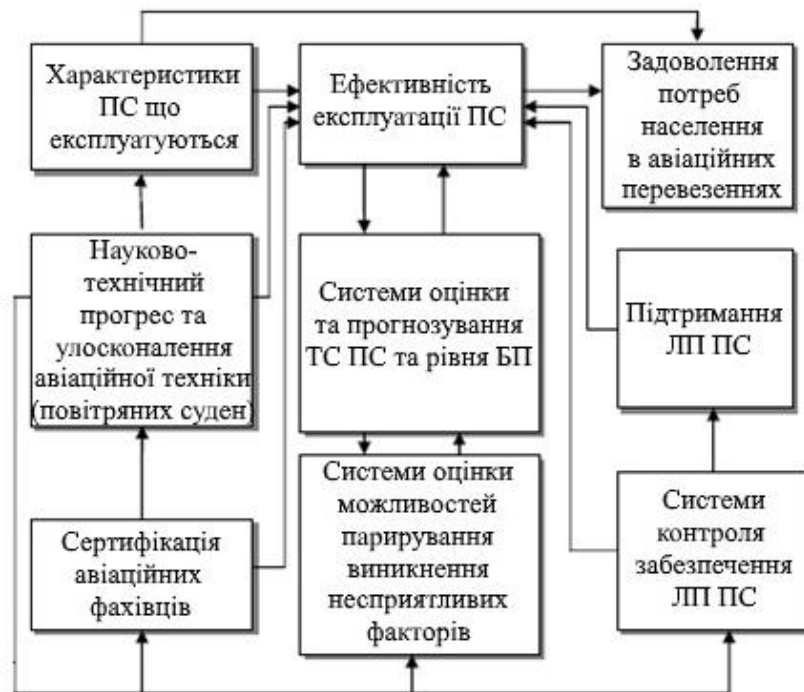


Рисунок 1.3 – Схема взаємозв'язків основних етапів ЖЦ ПС, що визначають ефективність процесу підтримання ЛП ПС

Ефективне функціонування кожного з елементів схеми з точки зору підтримання ЛП і БП залежить від великої кількості факторів, найбільш значущими з яких є:

- зміна системи державного управління діяльністю експлуатантів;
- високий рівень зносу вітчизняного парку ПС і відсутність фінансових можливостей великого числа авіакомпаній для його поновлення;
- низький рівень виробничо-технічної бази більшості експлуатантів;
- недосконалість законодавчої та нормативно-правової бази ЦА;
- відсутність механізму, здатного контролювати виконання вимог підтримання ЛП ПС і забезпечення БП, закладених у авіаційних правилах.

Під впливом науково-технічного прогресу відбувається безперервне вдосконалення і ускладнення конструкції ПС, що нерідко знижує ефективність

парирування виникнення несприятливих чинників і здатності сучасних методів і систем діагностування ПС та прогнозування стану ЛП ПС.

У зв'язку з цим, вдосконалення процесу підтримання ЛП з урахуванням виявлених недоліків має будуватися на основі науково-обґрунтованих підходів і аналізу досвіду світової практики експлуатації ПС.

Проведені провідними фахівцями та науковцями галузі дослідження в цьому напрямку дозволили вирішити ряд важливих питань, таких як [6]:

- проведення поточного контролю та аналізу впливу ТС АТ на стан БП;
- проведення кількісної оцінки відповідності ПС і їх систем вимогам ЛП;
- здійснення аналізу та врахування впливу помилок льотного і технічного персоналу, а також зовнішніх умов на БП з урахуванням реалізації заходів щодо їх попередження;

- проведення оцінки зниження рівня ЛП;
- підвищення інформаційного забезпечення БП і ЛП ПС.

Однак слід визнати, що методи і розробки, спрямовані на підтримання ЛП ПС, вирішують цю проблему лише частково, переважно для окремих елементів АТС. Наприклад, відмова АТ та окремих її елементів; роль людського фактора; ефективність ТО АТ і т. ін.

Щоб розробки стали більш ефективними, необхідно обґрунтування і розробка принципово нової методології процесу підтримання ЛП ПС, заснованої на аналізі ризику виникнення авіаційних подій (АП) з урахуванням матеріального, економічного і соціального збитку в залежності від тяжкості їх наслідків (таблиця 1.1).

Комплексний підхід до вирішення даної проблеми включає в себе дослідження чотирьох взаємопов'язаних завдань [6]:

- дослідження діючих методів підтримання ЛП і забезпечення БП;
- удосконалення організації системи контролю забезпечення БП і підтримання ЛП з урахуванням вимог EASA та Національних авіаційних правил України (АПУ);

Таблиця 1.1 – Елементи методології процесу підтримання ЛП ПС

Концепція нового процесу підтримання ЛП ПС		
Діючи методи аналізу ризику виникнення АП	Розробка нових технологій та технічне забезпечення процесу підтримання ЛП ПС	Розробка механізму оцінки ТС ПС з урахування вимог забезпечення БП і ризику матеріального, економічного та соціального збитку
Механізм безперервного моніторингу ЛП ПС		
Методичні основи ефективності використання нових технологій для оцінки ризику АП	Методика визначення ступеня збитку від наслідків та важкості АП	Розробка вимог до процесу підготовки та забезпечення ЛП ПС нового покоління

– виявлення сукупних властивостей, які характеризують ефективність комплексної системи забезпечення БП і ЛП ПС з урахуванням матеріальних, економічних і соціальних факторів;

– розробка механізму безперервної оцінки ризику виникнення матеріального збитку від рівня наслідків АП.

Найбільші труднощі при реалізації запропонованої концепції викликає створення механізму моніторингу ЛП ПС, планування і управління процесом локалізації відмов функціональних систем літака. Ключовим елементом моніторингу ЛП є моніторинг польотної інформації, що включає ряд функцій:

- збір і аналіз польотної експлуатаційної інформації;
- отримання оперативної інформації про політ;
- виявлення ситуацій експлуатації, в яких зростає ризик АП.

Ефективність такого механізму обумовлена можливістю приймати коригувальні дії на ранній стадії до того, як ризик призведе до АП чи катастрофи.

Впровадження нових технологій для оцінки ефективності процесу підтримання ЛП ПС дозволить доповнити сучасну систему моніторингу польотної інформації методами, орієнтованими на управління ризиками БП з урахуванням ЖЦ ПС.

В умовах зростаючого обсягу перевезень в останні роки ускладнюється виконання основної однієї з основних вимог АТС – забезпечення економічної ефективності експлуатації ПС, яка може бути досягнута за рахунок сучасного науково-технічного забезпечення процесу ТО, його організаційних чинників і обліку людського фактора [3], якій визначає економічні показники ТО типів ПС.

У зв'язку з цим основним завданням авіаційних підприємств, що експлуатують АТ, є підвищення ефективності процесу експлуатації ПС, пов'язане зі збільшенням нальоту його протягом доби і, як наслідок, зі скороченням витрат часу, праці і коштів при ТО, і збільшення сумарного нальоту ПС авіакомпанії.

Рішення даного типу завдань вимагає дослідження виконання процедур ТО, що представляють собою цілеспрямовану технічну систему, що складається з безлічі взаємозалежних матеріальних об'єктів (ПС, засобів наземного забезпечення ТО і обслуговуючих їх сертифікованого персоналу з ТО згідно вимог EASA Part-66), що безпосередньо беруть участь в проведенні технологічних операцій ТО функціональних систем і об'єднаних спільною метою підтримання ЛП ПС і підвищення БП [5].

При цьому можуть бути вирішені завдання стосовно до виробів ТО, тобто в якості об'єктів управління, як правило, виступають: ПС, основні вироби, бортове обладнання, наземне обладнання та наземні засоби контролю ТС.

1.2 Основні принципи підтримання льотної придатності повітряних суден. Загальні вимоги

Згідно вимог ІКАО підтримання ЛП ПС здійснюється за такими принципами [1-3, 13-17]:

- льотна придатність ПС закладається під час проектування з урахуванням попереднього досвіду експлуатації, вимог авіакомпаній (замовника), державних вимог стосовно забезпечення БП;

- розробка і серійне виготовлення АТ проводиться сертифікованими підприємствами за вимогами EASA Part-21;

- державний контроль за льотною придатністю ПС, відповідно до вимог SARP's (Стандартів та Рекомендованої практики), покладається на Державну авіаційну адміністрацію;

- кожен екземпляр ПС у встановленому порядку реєструється в Державному реєстрі і допускається до експлуатації за наявності Сертифікату ЛП, який підтверджує відповідність цього екземпляру повітряного судна вимогам льотної придатності [18];

– підтримання льотної придатності кожного екземпляру ПС при експлуатації забезпечується тим, що експлуатант повинен дотримуватися встановлених правил льотної експлуатації та ТО ПС. У разі порушення експлуатантом вимог з підтримання ЛП ПС, а також виявлення їх небезпечного ТС вводяться обмеження на їх експлуатацію або експлуатація ПС припиняється [18];

– технічне обслуговування проводять сертифіковані організації з технічного обслуговування і ремонту [14, 18];

– усі види робіт з підтримання льотної придатності ПС виконує авіаційний персонал, яких пройшов відповідну атестацію [16].

Відповідно до вимог SARP's, які були розроблені ICAO, у структурі державного регулювання ЛП виділяють системи забезпечення та підтримання льотної придатності (рисунк 1.4). Забезпечення ЛП проводиться на стадіях проектування та виробництва ПС [14-15].

На стадії проектування ПС авіаційна техніка розробляється на заводах, які мають необхідний сертифікат [1, 19]. Виконується розрахунок надійності всіх комплектуючих виробів, систем, видів обладнання та всього літака, що проектується. На основі цих даних визначаються призначені та міжремонтні ресурси, значення контрольних рівнів з надійності для всіх складових ПС. Виготовлення ПС здійснюється на сертифікованих заводах-виробниках АТ, де особлива увага приділяється питанням міцності конструкції, які, своєю чергою, безпосередньо впливають на надійність і льотну придатність ПС.

Перед експлуатацією визначається відповідність стану ЛП виготовленої АТ необхідним нормам ЛП. Якщо результати задовільні, то ПС надається сертифікат на експлуатацію і літак прибуває до авіакомпаній, на які покладається відповідальність за стан ЛП кожного екземпляру ПС, що знаходиться в їх парку.

На стадії експлуатації виконується підтримання ЛП ПС, шляхом забезпечення необхідного рівня безпеки польотів, підвищення стану надійності комплектуючих виробів, систем, видів обладнання ПС та літака в цілому, проведення необхідної сертифікації ПС та авіаційного персоналу, своєчасного проведення ТО АТ.



Рисунок 1.4 – Структура системи державного регулювання ЛП АТ

У ході експлуатації АТ складаються Директиви ЛП, які є необхідними умовами виконання експлуатантами забезпечення необхідного рівня надійності та льотної придатності АТ та його компонентів [20].

Оскільки підтримання ЛП АТ покладається на експлуатанта, то нині економічно доцільний термін служби і ресурс АТ визначається не стільки фізичним зносом, скільки фінансовими можливостями експлуатанта АТ. Тому перевищення фактичного терміну служби АТ над проектним значенням — поширена практика міжнародної ЦА. Ця практика реалізується двома типами експлуатації АТ – за ресурсом та за станом.

Подовження призначеного ресурсу та строку служби АТ полягає в наступному. Для кожного етапу експлуатації АТ на основі лабораторних та льотних випробувань натурної конструкції АТ і прогнозування очікуваних умов експлуатації встановлюється як величина ресурсу та терміну служби, так і умови його визначення, за яких гарантується БП. У процесі експлуатації парку АТ на кожному етапі з'являється великий обсяг нової інформації про умови експлуатації, виявлені дефекти, проводяться додаткові випробування натурної

конструкції і розробляються технічні заходи у вигляді додаткових умов (або підтвердження існуючих умов) продовження ресурсу та терміну служби для наступного етапу експлуатації.

На сьогодні продовження ресурсу парку ПС дещо ускладнене внаслідок невеликого нальоту ПС, різноманітності умов експлуатації, якості ТО, а також з низки інших техніко-економічних причин. Тому отримала широкий розвиток експлуатація за станом, яка передбачає періодичний контроль чи перевірку комплектуючих виробів з метою встановлення їхньої відповідності визначеному стандарту і з'ясування можливості їхнього подальшого використання. Зазначений стандарт використовується як основа для того, щоб зняти з експлуатації той чи інший компонент чи частину, перш ніж вони відмовлять у процесі експлуатації. Стандарт може коригуватися, виходячи з досвіду експлуатації АТ або схваленої Програми надійності чи Програми ТО.

Діючий Повітряний кодекс України передбачає усі елементи забезпечення та підтримання ЛП ПС та його компонентів, які згідно SARP's ICAO необхідні для їх ефективної експлуатації. Повітряним кодексом передбачена обов'язкова сертифікація АТ, об'єктів повітряного транспорту, в першу чергу, експлуатантів, організацій з ТО та авіаційного персоналу.

Функціями Державного регулювання, здійснюваних авіаційною адміністрацією України (ДАСУ), є сертифікація та реєстрація усіх суб'єктів системи авіаційного транспорту (типів ПС, експлуатантів, підприємств ТО, аеродромів, авіаційного персоналу і т.п.), а також нагляд й інспектування за дотриманням АПУ усіма суб'єктами системи.

На відміну від системи всеосяжного державного регулювання усіх аспектів функціонування авіаційної галузі, світовий досвід свідчить, що змішана система регулювання є найбільш ефективною та життєздатною.

В такій системі державні вимоги охоплюють лише деяку частину найбільш важливих аспектів вимог по забезпеченню безпеки АТС. Більш широкий спектр вимог до ПС та його компонентів системи підтримання ЛП розробляє сам розробник конструкції АТ, який має зацікавлення у створенні конкурентно здатного ПС.

Відповідальність за дотримання правил експлуатації, ТО ПС, які передбачені в експлуатаційній документації ПС певного типу та забезпечують збереження його придатності до польотів, Повітряний кодекс покладає на експлуатанта. Уповноважені державні органи ведуть контроль за дотриманням вимог та виконанням експлуатантами вимог повітряного законодавства в сфері діяльності і якості робіт, що виконуються.

Державне інспектування та нагляд за об'єктами, що стали сертифіковані, мають стати основою для своєчасного прийняття заходів корегування щодо забезпечення та збереження придатності до польотів ПС.

Головна задача, при розробці системи підтримання ЛП ПС, – визначення складу та зміст заходів, які повинні реалізуватися на різних стадіях ЖЦ ПС. При вирішенні задачі мають бути враховані: політика, що провадиться державою в сфері підтримання ЛП ПС; особливості діючої практики та нормативної бази в області ТО; вимоги міжнародних стандартів ІКАО; позитивний досвід вирішення проблем з підтримання ЛП ПС, який був набутий Європейською спільнотою та США.

З урахуванням зазначеного, головні принципи і правила забезпечення та підтримання ЛП ПС можна сформулювати таким чином:

- придатність до польотів закладається при проектуванні ПС з урахуванням попереднього досвіду експлуатації ПС подібного класу, вимог Замовника, державних вимог з безпеки та екології і підтверджується необхідним обсягом стендових та льотних випробувань, додаючи до цього й сертифікаційні випробування;

- льотна придатність забезпечується при серійному виробництві ПС і контролюється на усіх етапах створення незалежним прийманням;

- придатність до польотів зберігається під час експлуатації завдяки додержання встановленим правилам льотної експлуатації, ТО ПС. В супроводженні, починаючи з експлуатації ПС й до списання, беруть участь КБ, серійні заводи, НДІ. При цьому, безпосередньо розроблювач та постачальник ПС несуть відповідальність за цілісність конструкції, повноту та якість типової експлуатаційної документації, рівень експлуатаційно-технічних характеристик

ПС та зміст базової програми ТО;

- взаємні зобов'язання постачальника та експлуатанта регламентуються «Типовим договором на постачання цивільних ПС та взаємні зобов'язання постачальника і експлуатанта на весь час експлуатації щодо підтримання ЛП ПС»;

- розробка та серійне виробництво авіаційної техніки здійснюється підприємствами, що мають сертифікат;

- кожний тип ПС проходить сертифікацію та одержує сертифікат типу з блоком типової експлуатаційної документації (Програма ТО, Керівництво з ТО, Керівництво з льотної експлуатації й Керівництва якості);

- на кожен тип ПС при її виробництві розроблюється програма забезпечення технічного обслуговування;

- кожен екземпляр ПС одержує Сертифікат ЛП;

- експлуатація ПС здійснюється тільки сертифікованими експлуатантами;

- відповідальність за підтримання ЛП кожного ПС, якого додано до Сертифікату покладається на експлуатанта;

- при порушенні експлуатантом вимог з підтримання ЛП ПС, а також виявленні небезпечного стану ПС, вводяться обмеження на його експлуатацію або експлуатація ПС призупиняється;

- технічне обслуговування здійснюють сертифіковані організації з ТО;

- підготовку авіаційного персоналу здійснюють сертифіковані освітні заклади;

- усі види робіт по збереженню придатності до польотів ПС виконуються авіаційним персоналом, який пройшов сертифікацію та атестацію;

- державний нагляд за льотною придатністю ПС на етапах їх розробки, виробництва та експлуатації здійснюється спеціально уповноваженими органами;

- обмін інформацією з питань збереження придатності до польотів ПС між експлуатантами, розробником та Уповноваженими органами відбувається у відповідності до вимог Додатку 8 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію ІКАО (рисунок 1.5).

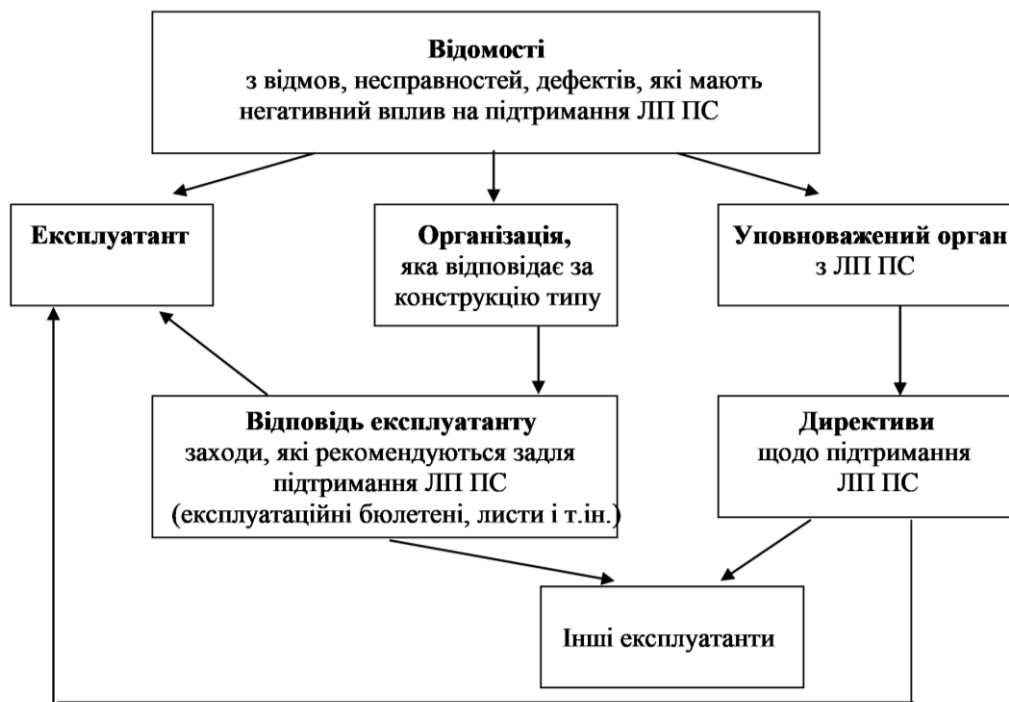


Рисунок 1.5 – Обмін інформацією в системі підтримання ЛП ПС

В галузі техніко-економічної діяльності ДАСУ зобов'язана формувати й інвестиційну політику, державні замовлення, здійснювати ліцензування, представляти Україну серед міжнародних організацій ЦА, укладати міжнародні угоди. Широке повноваження ДАСУ і в області оперативного управління, які складаються з дозвільних дій на використання повітряного простору України, з організації пошуку та порятунку людей після АП і інше.

З точки зору системного аналізу АТС являє собою економетричну систему, суб'єкти якої взаємодіють на матеріальному, інформаційному і фінансовому рівні, реалізуючи процеси управління і виробництва, що забезпечують функціонування АТС. Існують наступні контури управління, що забезпечують реалізацію цільової функції АТС [21]:

- забезпечення та підтримання ЛП ПС та підготовка їх до польотів;
- льотна експлуатації ПС;
- управління повітряним рухом;
- перевезення і обслуговування пасажирів і вантажів;
- технічна експлуатації наземних комплексів і наземної АТ;
- міжнародні зв'язки (співробітництво) в області ЦА.

Відповідно до Повітряного кодексу України, проведення державної науково-технічної політики з метою забезпечення потреб України в безпечних внутрішніх і міжнародних перевезеннях покладено на орган державного регулювання авіатранспортної діяльності. Організаційну структуру ДАСУ наведено у [21].

Для реалізації функцій державного регулювання спрямованих на досягнення цієї мети ДАСУ здійснює сертифікацію і реєстрацію всіх суб'єктів системи авіаційного транспорту (типів ПС, екземплярів ПС, експлуатантів, підприємств ТО, аеродромів, авіаційного персоналу і т.д.), а також виробляє нагляд та інспектування за дотриманням АПУ всіма суб'єктами системи.

Інформаційне забезпечення має шість контурів:

1. ДАСУ - суб'єкти АТС - ДАСУ.
2. Органи влади України - ДАСУ - Органи влади України.
3. ДАСУ - міжнародні організації - ДАСУ.
4. Внутрішній контур інформаційного забезпечення між відділами і управліннями ДАСУ.
5. Внутрішній контур інформаційного обміну компонентів АТС України.
6. Безпосередній обмін інформацією між компонентами АТС України.

За змістом інформацію, яка циркулює по всіх контурах можна об'єднати в такі групи [1, 3, 13, 14, 16, 18, 21]:

1. Інформація, яку направляють від суб'єктів АТС в ДАСУ:
 - інформація, що регламентується АПУ з питань сертифікації суб'єктів АТС (ПС, експлуатантів та авіаційних фахівців);
 - інформація, що регламентується АПУ станом ЛП (напрацювання ПС, АТ, виконання Директив щодо ЛП);
 - інформація, що регламентується АПУ за страховими випадками порушення ЛП (відмови АТ, пошкодження АТ, особливі випадки експлуатації ПС);
 - інформація про комерційну діяльність експлуатанта відповідно до ліцензій;
 - інформація, регламентована в положенні про статистичну звітність.
2. Інформація направляється від підприємств виробників АТ в ДАСУ:

- інформація, передбачена АПУ, необхідна для сертифікації типу ПС;
- інформація, передбачена АПУ з питань підтримання ЛП ПС (бюлетені по модифікації і ТО), а також нормативно-технічна документація регламентує льотну експлуатацію та ТО АТ).

3. Інформація, яку направляють ДАСУ суб'єктам:

- еталонна нормативно-технічна інформація з питань, що підлягають Державному регулюванню, яка регламентує діяльність суб'єктів АТС із забезпечення авіаційної безпеки і БП;

- інформація, що міститься в дозвільних діях і документах (сертифікати, посвідчення, ліцензії);

- авіаційні правила України;

- директиви про льотної придатності ПС;

- розпорядча документація.

4. Інформація, яку направляють до міжнародних організацій і авіаційним властям інших країн:

- обліково-звітна інформація, передбачена ІКАО;

- директиви з ЛП, що видаються ДАСУ, що направляються державам-експортерам АТ, що експлуатується в Україні.

- директиви з ЛП, що видаються ДАСУ направляються авіаційним властям державам-імпортерам АТ, виготовленої в Україні;

- оперативна інформація з міжнародних польотів.

5. Інформація, яку направляють міжнародними організаціями в ДАСУ:

- директиви ЛП, прийняті авіаційними властями інших держав по ПС, що експлуатується або виготовляється в Україні;

- оперативна інформація за оперативними міжнародних польотів;

6. Внутрішній контур інформаційного забезпечення поділяється на групи:

- довідкова інформація, сформована за запитами користувачів на підставі обробки даних, отриманих від суб'єктів АТС;

- внутрішнє діловодство.

Автоматизація процесів ТО ПС ведеться по наступних чотирьох функціональних напрямках:

- облік, планування і управління ТО на всіх рівнях;
- діагностування і оцінка стану АТ, виявлення тенденцій (управління БП);
- регулювання матеріально-технічного постачання (управління запасами);
- оперативне інформування про регулярність польотів і технологічних простоїв (управління використанням парків).

1.3 Фактори, що визначають льотну придатність та її підтримання під час експлуатації повітряного судна

Предметом особливого вивчення при розробці системи підтримання ЛП ПС є фактори, які визначають рівень придатності до польотів ПС та якість заходів, що провадяться задля її підтримання.

З урахуванням вищевказаних принципів та правил і відповідних до них груп задач по забезпеченню та підтриманню ЛП ПС на усіх етапах ЖЦ, мається нагода виділити такі основні фактори (рисунок 1.6).

Частина з вказаних на рисунку 1.6 основних факторів діє на етапах створення та під час експлуатації ПС, частина – на етапах експлуатації.

Характер задач, що вирішуються по кожному з факторів на етапах створення та під час експлуатації, винесені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Види забезпечення придатності ПС до польотів

ФАКТОРИ	Етапи ЖЦ ПС	
	Розробка/виробництво	Експлуатація
1. Експлуатаційно-технічні характеристики ПС	Забезпечення	Удосконалення
2. Цілісність конструкції ПС	Забезпечення	Збереження, виконання доробок
3. Базова програма ТО ПС	Розробка	Корегування
4. Типова експлуатаційна документація ПС	Розробка	Корегування
5. Ресурси та терміни служби	Встановлення	Подовження
6. Технологічні процеси ТО	Розробка	Метрологічне забезпечення, корегування
7. Технічний персонал з ТО	Навчання	Підвищення кваліфікації, перепідготовка
8. Засоби вимірювальної техніки та контролю при ТО	Розробка	Метрологічне забезпечення
9. Якість ТО	Розробка вимог і процедур	Виконання вимог і процедур

Кожен з факторів має надзвичайно важливе значення для ЛП ПС. По кожному з них необхідно конкретизувати задачі, які належать вирішенню, розробити нормативно-технічні документи, яких недостає та механізм прийняття корегувальних дій до досягнення мети.

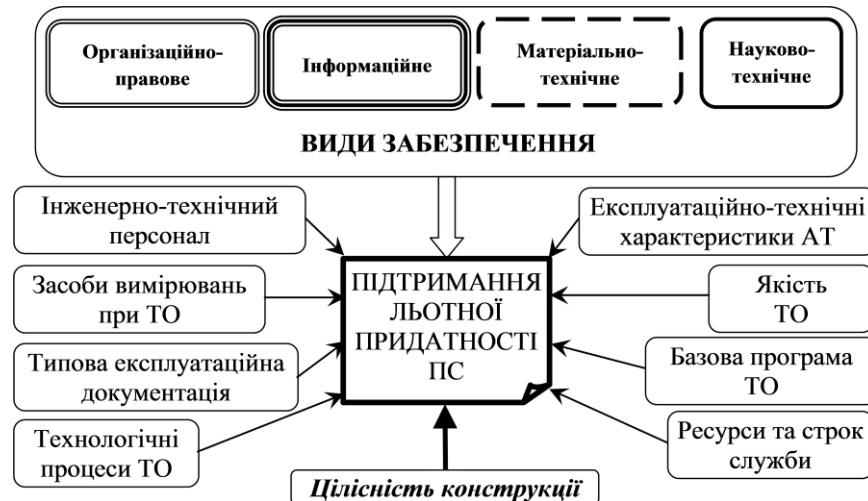


Рисунок 1.6 – Основні фактори, що визначають ЛП й види забезпечення, які сприяють її збереженню під час експлуатації

Крім перерахованих в таблиці 1.2 основних факторів щодо підтримання ЛП ПС мають великий вплив різноманітні види забезпечення процесів ТО. Це так звані фактори, які сприяють підтриманню ЛП ПС. До їхнього числа належать: організаційно-правове, інформаційне, матеріально-технічне, науково-технічне забезпечення процесів ТО. Ці та інші види забезпечення, які утворюють інфраструктуру системи ТО, працюють не на окремий тип ПС, а на усі типи ПС, які експлуатуються на авіапідприємстві. Інфраструктура створює сприятливі умови для нормального функціонування системи підтримання ЛП кожного екземпляру конкретного типу ПС.

Водночас, вміст інфраструктури може суттєво змінюватися під впливом основних факторів, які визначають ЛП ПС того чи іншого типу.

1.4 Керування процесами забезпечення та підтримання льотної придатності повітряних суден

Кінцевою метою управління є підтримання ЛП та забезпечення БП ПС та підвищення економічної ефективності застосування АТ на усіх стадіях ЖЦ під наглядом уповноважених органів державного регулювання. Головними

принципами управління являються: цільовий підхід; відповідність міжнародним стандартам та гармонізація з нормами провідних авіаційних держав; спадкоємність; формалізація процедур та гнучкість програм з підтримання ЛП ПС.

Виконання широкого кола робіт по забезпеченню та підтриманню ЛП ПС на різних етапах його ЖЦ вимагає створення єдиної системи програмного управління процесами забезпечення та збереження придатності до польотів, яка враховувала би міжнародний досвід та зберігала наступність вітчизняної практики виробництва та експлуатації цивільної АТ.

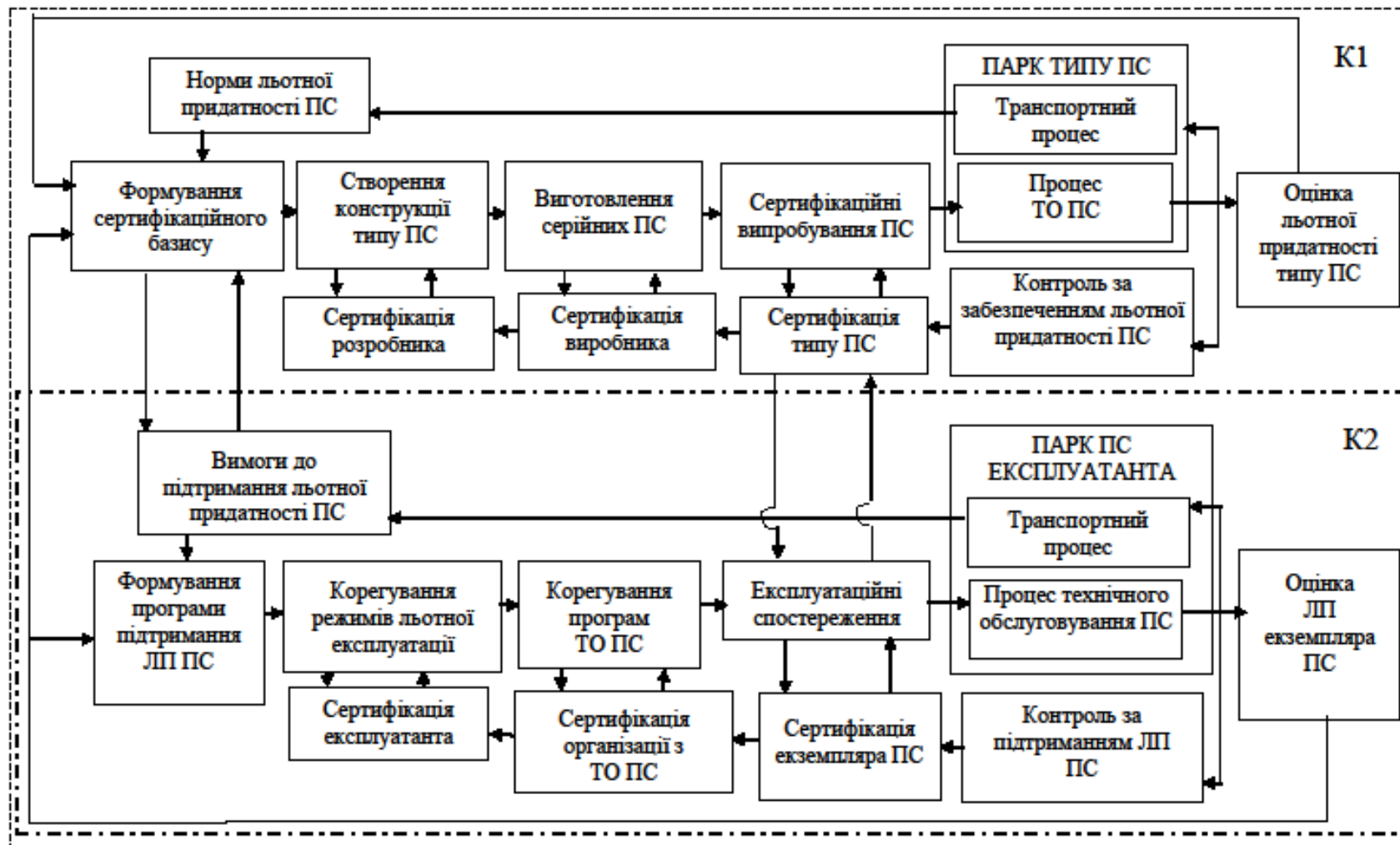
Методи управління процесами забезпечення та підтримання ЛП ПС в методологічному аспекті базуються на фундаментальних висновках системного аналізу, теорії надійності, статистичного нагляду за якістю та теорії ТО АТ.

Схема управління процесами забезпечення та підтримання ЛП ПС включає два контури: контур забезпечення та підтримання ЛП ПС К1 та контур підтримання ЛП ПС К2 (рисунок 1.7).

Контур К1 передбачає формування сертифікаційного базису – складу вихідних вимог до ЛП ПС з урахуванням класу та призначення ПС, що проектується, які впливають з норм ЛП ПС та вимог щодо охорони навколишнього середовища згідно Додатку 16 до Конвенції Міжнародної цивільної авіації відповідного класу.

Забезпечення відповідності типової конструкції ПС на етапах розробки, випробувань, виробництва та експлуатації аж до списання діючим вимогам до ЛП покладається на Розробника. Забезпечення відповідності кожного екземпляру серійно виробленого ПС типової конструкції зразка покладається на його Виробника.

Процес забезпечення Розробником ЛП ПС передбачає: створення конструкції зразка АТ у відповідності з діючими вимогами до ЛП; проведення дослідницьких та випробувальних робіт з її аналізу та оцінки; оформлення доказової документації; проходження сертифікації Розробником та зразком АТ з одержанням відповідних Сертифікатів.



K1 – контур керування процесами забезпечення та збереження ЛП ПС;

K2 – контур керування процесами підтримання ЛП ПС

Рисунок 1.7 – Схема керування процесами забезпечення та підтримання ЛП ПС

Процес забезпечення Розробником ЛП ПС передбачає: створення конструкції зразка АТ у відповідності з діючими вимогами до ЛП; проведення дослідницьких та випробувальних робіт з її аналізу та оцінки; оформлення доказової документації; проходження сертифікації Розробником та зразком АТ з одержанням відповідних Сертифікатів.

Процес забезпечення Виробником ЛП кожного екземпляру серійно виробленого ПС передбачає: проходження Виробником сертифікації з одержанням Сертифікату відповідності; виробництво екземплярів АТ у відповідності з типовою конструкцією зразка; використання у виробництві ПС нових технологій; своєчасне впровадження в серію поточних доробок, які покращують експлуатаційні та технічні характеристики ПС; видачу кожному екземпляру ПС Сертифікату ЛП.

Експлуатантам разом з екземплярами ПС передається повний комплект правил і умов льотної та ТО, у тому числі й умов для підтримання ЛП ПС на протязі усього встановленого терміну служби (ресурсу), які викладені в базовій програмі ТО ПС та в типовій експлуатаційній документації.

Контур К2 передбачає формування програм підтримання ЛП ПС у відповідності з запропонованими вимогами.

Процес підтримання ЛП екземплярів ПС на протязі встановленого терміну служби (ресурсу) передбачає: дотримування експлуатантом правил та умов льотної експлуатації і ТО ПС; виконання схваленої програми ТО ПС з оцінкою її ефективності; виконання директив з підтримання ЛП ПС; виконання модифікацій і доробок на ПС; оцінку надійності роботи авіатехніки та досвіду експлуатації ПС; участь у виконанні Програми Розробника по збереженню цілісності конструкції ПС на протязі встановленого терміну служби (ресурсу).

Експлуатанти повинні надавати спеціально уповноваженим органам в сфері ЦА та Розроблювачам інформацію про ТС АТ й особливостях її експлуатації. Уповноважені органи та Розробник, в свою чергу, зобов'язані своєчасно передавати експлуатантам Директиви та рекомендації про необхідні дії для підтримання ЛП ПС.

Підтримання ЛП типу ПС на протязі встановленого терміну служби (ресурсу) передбачає: супроводження Розробником процесів льотної експлуатації та ТО, взаємодії між Розробником та Виробником з Експлуатантами та Організаціями з ТО АТ по обміну інформацією про надійність АТ, досвіду експлуатації й її особливостях, оцінці ефективності програм ТО ПС й директив ЛП; оцінці ремонтів та спеціальних перевірок, оцінці заходів з запобігання корозії, розробці Директив ЛП й додаткових рекомендацій з підтримання ЛП «старіючого» парку ПС.

1.5 Постановка задач та розробка схеми досліджень

Для досягнення поставленої мети, в роботі поставленні наступні завдання дослідження:

- вибір та обґрунтування факторів, які визначають стратегію та режими ТО повітряних суден та його компонентів;
- розробка методики формалізації сукупності властивостей елементів функціональних систем ПС та визначення раціонального режиму їх ТО;
- розробка методології формування рекомендацій з конструктивного удосконалення ПС та його компонентів та принципів адаптивного процесу формування програми ТО ПС;
- розробка принципів реалізації методології забезпечення ЛП ПС на етапі проектування та її підтримання при експлуатації з техніко-економічною оцінкою ефективності рекомендацій в умовах експлуатації на основі автоматизованої експертної системи.

Вирішення цих завдань буде проведено згідно схеми дослідження яку наведено на рисунку 1.8.

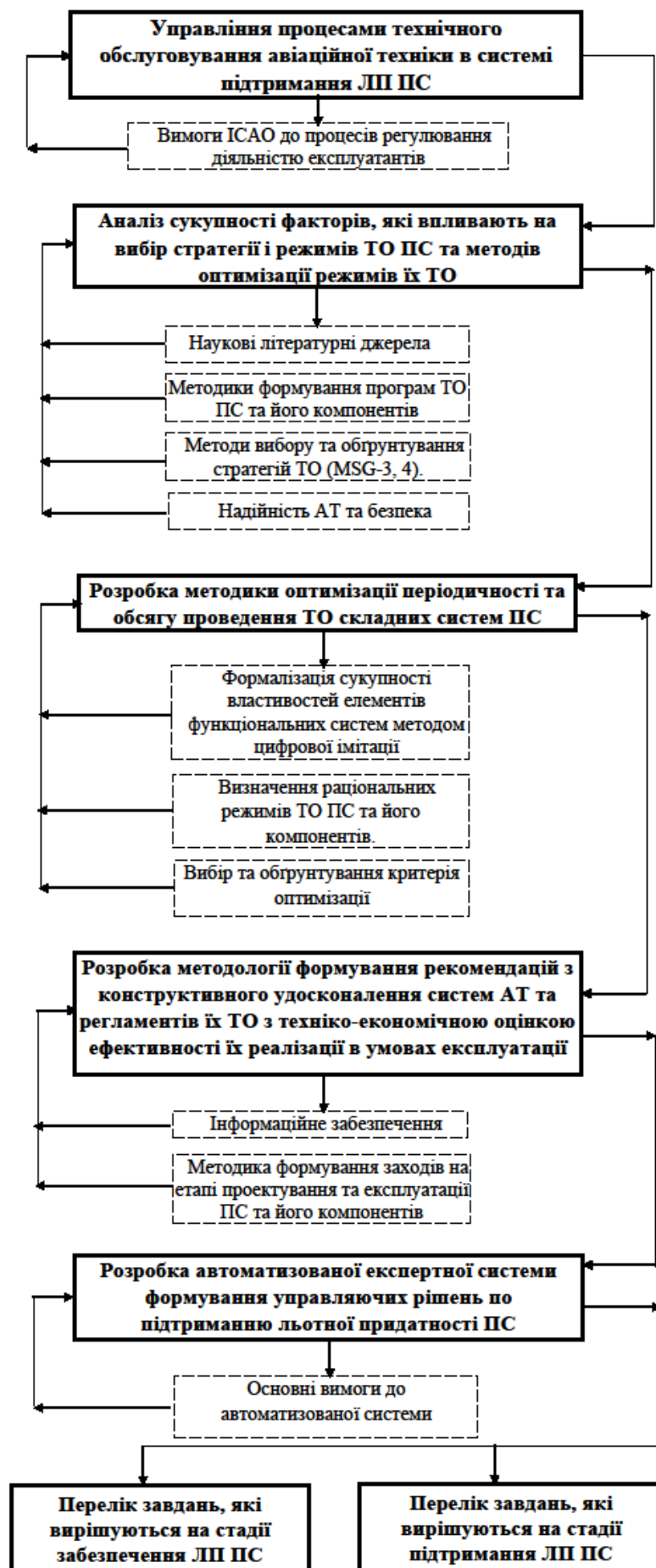


Рисунок 1.8 – Схема проведення досліджень

2 МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

2.1 Процедури регламентації процесів технічного обслуговування повітряних суден

У рішення головних задач ЦА по забезпеченню БП і високої ефективності використання АТ основне місце належить системі ТО ПС. Ефективність системи ТО ПС багато в чому визначається експлуатаційними характеристиками АТ, стратегій ТО, якістю проведення профілактичних робіт, використовуваними засобами і методами контролю й ін.

Важливу роль у забезпеченні ЛП і подальшому підвищенні рівня БП грає інженерно-технічний склад. В даний час значний розвиток і практичне застосування в її роботі одержали нові методи і засоби діагностування ПС, удосконалюються методи і форми організації ТО, успішно діють у ряді експлуатаційних підприємств діагностичні групи, ведуться роботи зі створення автоматизованої системи керування процесами ТО.

Однак, у міру ускладнення конструкції ПС, інтенсифікації виробничих процесів, застосування нових засобів і методів контролю стану виробів АТ суттєво змінюється характер функцій ТО. Упровадження сучасних методів діагностування приводять до розчленовування технологічних процесів ТО, до більш вузької спеціалізації авіаційного персоналу. При цьому, насамперед збільшується вартість устаткування і число операцій по контролі ТС виробів, значно зростає відповідальність контролю і діагностування ТС об'єктів експлуатації. Разом з тим створюються передумови для впровадження прогресивних методів ТО, усунення деяких видів ТО АТ, що приводить до скорочення простоїв ПС на ТО і підвищенню ефективності їхнього використання.

На основі λ – характеристики і контролепридатності того або іншого технічного пристрою одержують можливість намітити програму його ТО як «за ресурсом» або «за рівнем надійності», так і «за станом». В міру удосконалювання конструкції і підвищення контролепридатності виробів АТ, скорочується відсоток

пристроїв, що експлуатуються «за ресурсом», і збільшується їхнє число, що експлуатуються прогресивними стратегіями.

Для нового покоління літаків типу Boeing-757, Boeing-767, A-330, A-320, A-340 програми ТО складені за методиками, що надані в керівництві MSG-4, у якому кращими вважаються роботи, виконувані «за станом» або «за рівнем надійності».

У методиках MSG-4 надані логічні схеми вибору планових робіт з ТО на основі всебічного аналізу конкретних відмовлень і їхніх наслідків (рисунк 2.1).

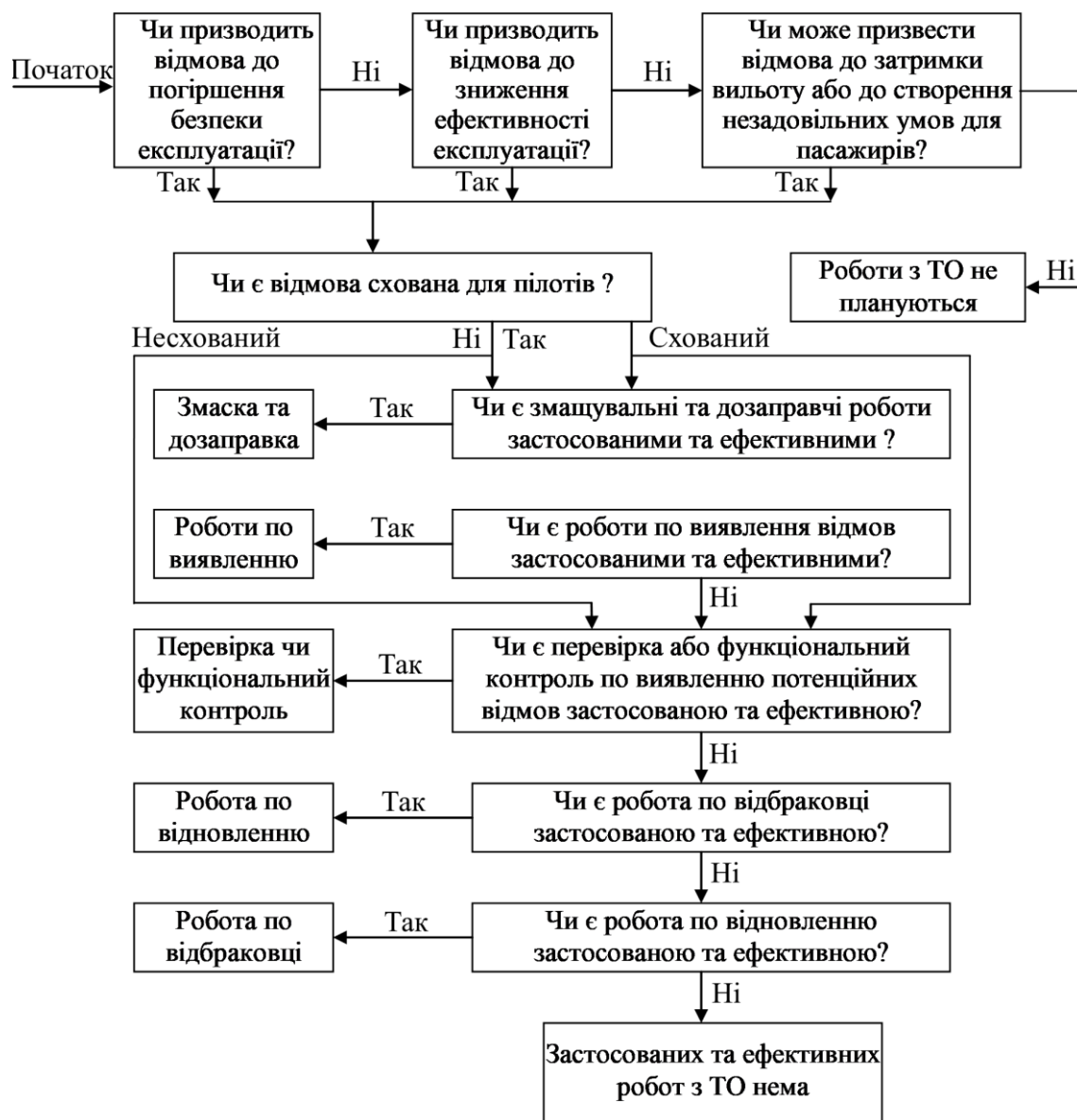


Рисунок 2.1 – Логічна схема вибору робіт з ТО згідно MSG-4

На прикладах розробки літаків Boeing-747, Boeing-767 і Boeing-777 спростовується поширена думка про неможливість одночасно забезпечити високу БП і зниження витрат на ТО. Для досягнення цих цілей фірмі довелося затратити

більше засобів при виготовленні літака, однак ці витрати з лишком окупилися в процесі експлуатації за рахунок менших витрат на ТО і високої надійності виробів АТ. У процесі розробки літака Boeing-747 були внесені істотні поліпшення в конструкцію на основі досвіду експлуатації попередніх типів літака, що дозволило вперше широко впровадити принцип експлуатації «за станом» замість традиційного принципу експлуатації «за напрацюванням».

Проаналізовані дані свідчать про необхідність розробки спеціальних заходів, спрямованих на підтримку експлуатаційних характеристик ПС та їх газотурбінних двигунів на високому рівні протягом усього періоду експлуатації. Однією з визначальних умов при рішенні цієї проблеми є оцінка їхнього ТС протягом усього їх ЖЦ.

Розробка методичного, організаційного математичного і технічного забезпечення оцінки ТС виробів АТ проводиться, як правило, з урахуванням результатів аналізу особливостей їхньої конструкції, контролепридатності, умов експлуатації, прийнятої системи ТО, а також статистичних даних про характерні відмови й ушкодження. Такий аналіз у багатьох випадках дозволяє виявити найбільш інформативні ознаки конкретних типів несправностей, ідентифікація яких повинна сприяти підтримці заданого рівня БП і підвищенню ефективності використання АТ, а також визначити функціональні можливості існуючих методів і засобів оцінки ТС систем АТ, їхніх вузлів і деталей, і що необхідно для формування регламентів ТО ПС.

Широка гама інструментальних методів і засобів контролю ТС, використовуваних у даний час при ТО ПС має істотний недолік, що полягає у тому, що їхнє застосування можливе лише з визначеною періодичністю, заданою програмою ТО конкретного типу ПС, що може виявитися недостатньою для запобігання несправностей двигуна, здатних привести до важких АП.

Збільшення вартості виготовлення й експлуатації двигунів привело на початку вісімдесятих років до необхідності створення бортових діагностичних систем, здатних вимірювати, реєструвати, обробляти і видавати інформацію, одержану з двигуна в процесі його експлуатації.

Таким чином, однією з найважливіших проблем в області експлуатації сучасної АТ є проблема удосконалювання процесів ТО ПС з метою поліпшення ефективності їхнього використання і підвищення безпеки польотів.

Росте розмаїтість функцій, виконуваних системами ПС, у зв'язку з цим різко зростають труднощі забезпечення їхньої надійної роботи. В останні роки ріст кількості комплектуючих виробів ПС в ряді випадків випереджає зростання показників безвідмовності цих елементів, що приводить до збільшення часу і засобів на проведення як поточного ремонту, так і профілактичних заходів.

З ростом складності конструкції значно зростають обсяги ТО і поточного ремонту, ускладнюється контроль параметрів через їхнє різноманіття та процес виявлення й усунення виникаючих відмовлень і несправностей, збільшується ймовірність появи післяремонтних відмов у зв'язку з проведенням складних трудомістких форм ТО.

Формування програм ТО, базується на принципі розподілу робіт за формами ТО методом прямого перебору альтернативних сіток робіт з ТО за критерієм мінімуму питомих витрат на експлуатацію при умові забезпечення нормованих рівнів БП.

Сітка лінійного ТО й повного циклу базового ТО в межах ресурсу ПС кратні одній з базових періодичностей. Враховуючи, що лінійне ТО залежить в основному від режиму експлуатації й виконуються після посадки або перед польотом ПС, після декількох польотів в кінці льотного дня, то періодичність, яка відповідає цим формам вибирається в залежності від типу й класу ПС, довготривалості польоту, середньодобового нальоту.

Базові періодичності, кількість форм базового ТО обирають з урахуванням досвіду експлуатації, класу й типу ПС, методів технічного обслуговування (розподільний – нарізний, сумісний), міжремонтного ресурсу, раціональності обліку й планування робіт з ТО [11, 22, 23].

Періодичність виконання форм ТО використовується як центр групування робіт з ТО. Зони групування формуються навколо центрів і відокремлюються порогами міжгрупового розсіювання:

$$T_{г\ ij} = T_i + X_j(T_{i+1} - T_i),$$

де T_i – періодичність виконання i -ї роботи;

T_{i+1} – періодичність виконання наступної форми;

X_j – послідовно набуває значень від 0,1 до 1 з інтервалом 0,1.

Періодичність ТО й контролю стану кожного агрегату системи порівнюється послідовно з порогами міжгрупового розсіювання i , якщо виявиться, що $\tau_{k\ opt} \leq T_{г\ ij}$, то періодичність даної роботи набуває значення відповідного центру групування (періодичності форми ТО). Після багаторазових ітерацій ми отримуємо різні варіанти розподілу робіт для кожної сітки регламенту. Для кожного випадку при нових періодичностях виконання робіт перевіряється умова забезпечення заданого рівня БП.

Методика формування програми ТО складається з етапів (рисунок 2.2):

- систематизація необхідної інформації для розробки регламенту ТО;
- проведення структурово-логічного аналізу об'єкту;
- вибір методу експлуатації й виду робіт, які спрямовані на запобігання виникнення функціональних відмов;
- імітаційне моделювання з метою оптимізації робіт з контролю ТС;
- синтез форм ТО та оптимізація періодичності їх виконання;
- синтез керівництва з ТО за прогресивними методами обслуговування;
- формування структури Програми ТО.

Вибір робіт по ТО здійснюється по етапам з урахуванням інформації про експлуатаційні властивості виробу та його функціональних зв'язків з іншими елементами. Схема вибору робіт надана на рисунку 2.3.

Під час вибору робіт з контролю ТС виробу важливо враховувати [24-27]:

- характер функціонування виробу;
- параметри, що характеризують ТС виробу;
- характер процесів, які зумовлюють втрату працездатності виробу;
- надану номенклатуру засобів контролю.

Прийняття рішення по вибору виду робіт для конструктивних елементів планера ПС здійснюється за алгоритмами, що представлені на рисунку 2.4.



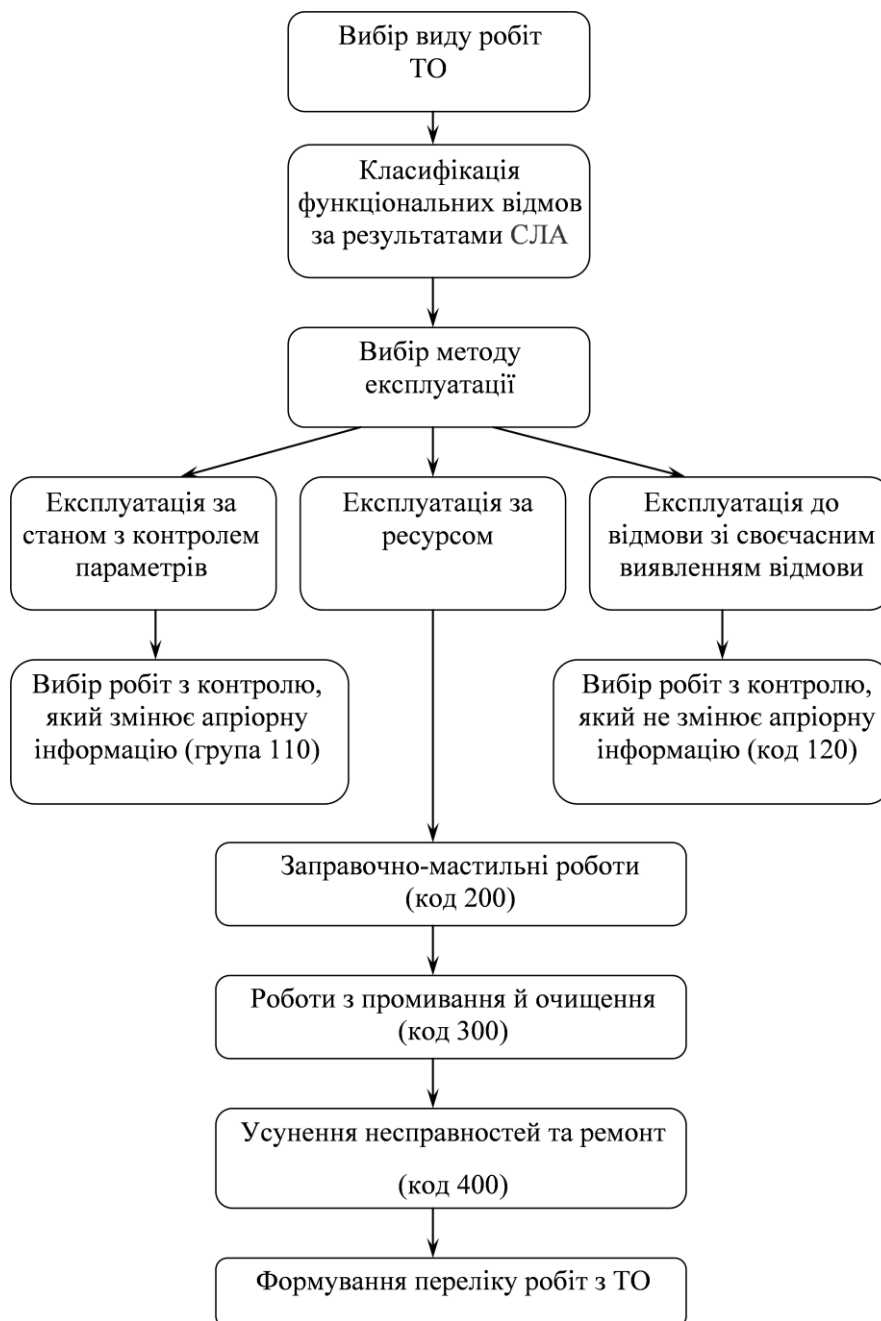


Рисунок 2.3 – Схема вибору робіт з ТО

Основна вимога, що призначається до процесу ТО в цілому, полягає в тому, щоб при обмежених витратах праці забезпечити найбільшу імовірність того, що в необхідний момент часу ПС виявиться справним і виконає поставлену задачу. При розробці методів ТО основна увага приділяється плановим профілактичним роботам, мета яких забезпечити безвідмовну експлуатацію ПС в міжпрофілактичні періоди шляхом попередження несправностей і відмовлень вузлів і агрегатів та підтримки їх технічних характеристик у межах установлених допусків.

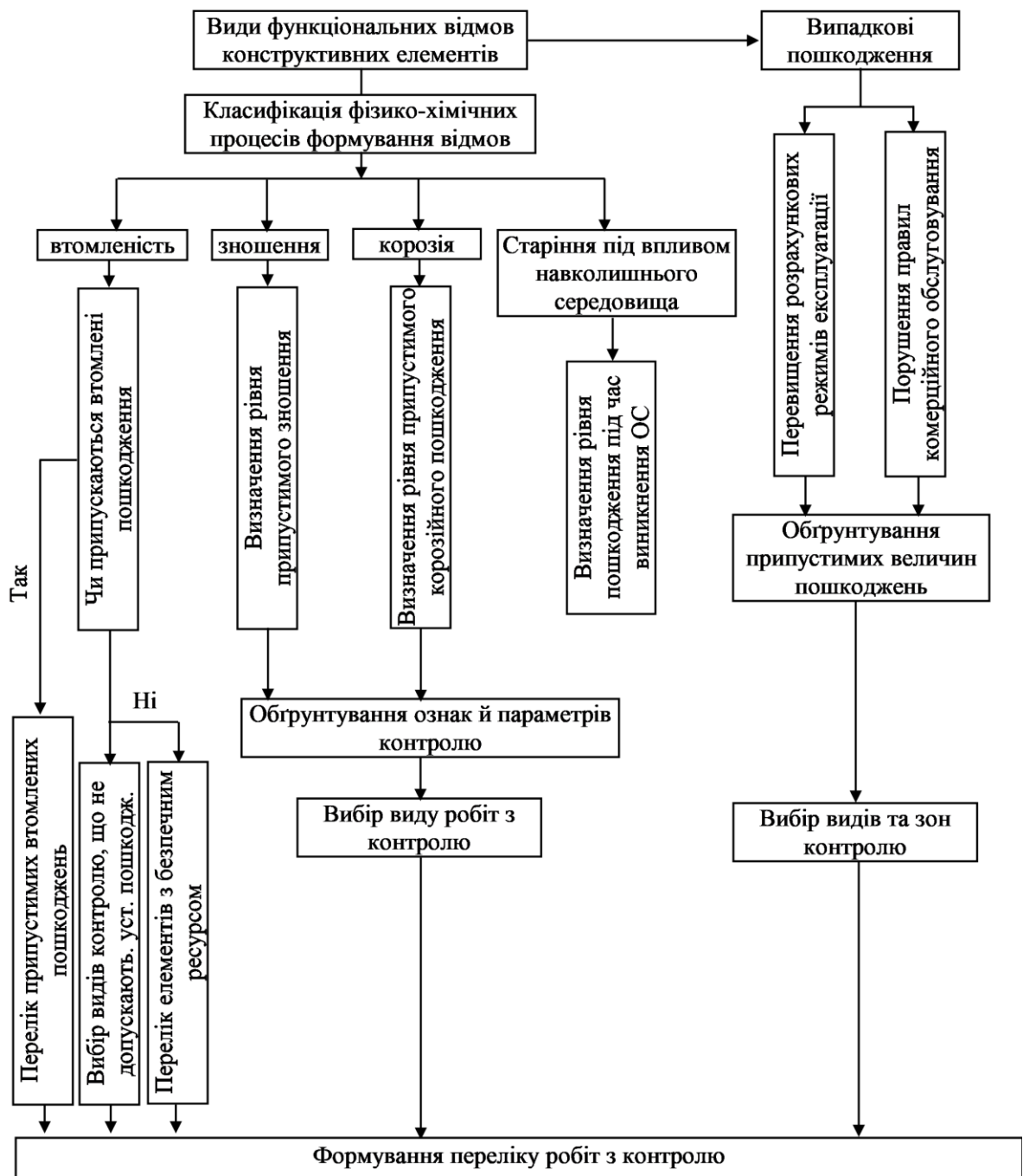


Рисунок 2.4 – Алгоритм прийняття рішення під час обирання видів робіт з контролю стану конструктивних елементів планера ПС

2.2 Методи і моделі оптимізації режимів технічного обслуговування

Побудова моделей і математичне моделювання процесів функціонування виробів (компонентів) ПС дозволяє на більш високому рівні розробляти оптимальні принципові схеми систем, визначати характеристики об'єктів експлуатації на різних режимах функціонування, враховувати вплив експлуатаційних факторів.

Функціонування складних технічних систем (СТС) в умовах експлуатації, що передбачають проведення профілактик і попереджувальних заміन елементів, ТО, описують цілою низкою моделей, що мають стохастичну природу. Для дослідження цих моделей широко застосовується апарат керованих випадкових процесів.

При цьому досліджуються динамічні задачі керування, коли прийняті рішення залежать від попередньої історії або, у марковському випадку, від стану процесу в сучасний момент часу. При математичному дослідженні і побудові стратегій ТО звичайно припускають відомим безліч можливих у системі відновлювальних робіт і задача вибору стратегії ТО і термінів їхнього проведення вирішується з урахуванням об'єктивних характеристик надійності систем, характеру індикації відмов, наявності убудованого контролю працездатності, специфічних особливостей умов експлуатації й ін.

Для оптимізації стратегії ТО задають кількісний критерій (функціонал, що залежить від функції розподілу часу безвідмовної роботи, функції розподілу часу проведення відбудовних робіт і ін.), за значенням якого можна судити про якість обраної стратегії ТО.

Так, наприклад, В.А. Каштанів довів, що, якщо процес $x(t)$, що описує еволюцію станів системи в часі, приймає кінцева безліч значень і є що регенерує, то функціонал $J(G, \Phi, F)$, що характеризує якість роботи системи має вигляд дрібно-лінійного функціонала:

$$J(G, \Phi, F) = \frac{\int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty A(x, v, y) dG(x) d\Phi(v) dF(y)}{\int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty B(x, v, y) dG(x) d\Phi(v) dF(y)} \quad \text{щодо заданих функцій}$$

де $F(x)$ – розподіл часу безвідмовної роботи;

$\Phi(x)$ – розподіл часу самостійного прояву відмови;

$G(x)$ – функція, що визначає періодичність проведення ТО.

Функції $A(x, v, y)$ і $B(x, v, y)$ мають сенс умовних математичних чекань перебування процесу $x(t)$ у розглянутих станах на періоді регенерації.

Однак, при експлуатації СТС не завжди цілком відомі необхідні характеристики і приходить приймати рішення в умовах неповної інформації або при її відсутності.

При оптимізації процесів ТО складних об'єктів експлуатації виникають труднощі із багаторозмірністю задач, необхідністю описувати функції розподілу нормальним або показовим законами та інше, що викликає необхідність уводити ряд допущень і спрощувати рішення задач.

Якщо потоки відмов і відновлень технічних пристроїв найпростіші, а, отже, розподіл проміжків часу між відмовами і моментами закінчення відновлення експонентне, то це дозволяє застосувати для побудови моделей надійності технічних пристроїв апарат марковських випадкових процесів.

У випадку, коли процес, що протікає у фізичній системі з рахунковою множиною станів і безперервним часом, є марковським, можна описати цей процес за допомогою звичайних диференціальних рівнянь, невідомими в яких є ймовірності станів $P_i(t)$. У загальному випадку до таких станів відносяться: робота, відновлення, чекання до застосування, контроль, профілактика і т.д.

У роботах [28, 29] розглядається підхід до обґрунтування параметрів ТО СТС. Використовуються моделі, для побудови яких приводиться ряд властивостей марковських процесів з безперервним часом. Для побудови моделі:

- визначається число станів n , у яких знаходиться система в період експлуатації;
- складається граф станів;
- указується початковий стан системи;
- для кожного можливого переходу визначається інтенсивність a_{ij} потоку, що переводить систему з A_i у A_j стан.

Імовірність P_i перебування системи в кожному зі станів A_i описується системою диференціальних рівнянь, що виражаються в стаціонарному режимі експлуатації в алгебраїчні:
$$\sum_{j=1}^n a_{ji} P_j - \sum_{j=1}^n a_{ij} P_i = 0.$$
 Підставляючи a_{ij} , що залежить від системи ТО, визначають P_i , що відповідають різним сполученням

параметрів ТО. У роботі [30] пропонуються марковські та полумарковські моделі процесу зміни якості функціонування виробів АТ і розроблені методи аналізу цих моделей по вихідним імовірним характеристиках потоків перешкод, що впливають. Ймовірні характеристики виконання умов працездатного стану визначається з рішення рівнянь марковського відновлення:

$$\Phi_{ij}(t) = \delta_{ij} \psi_i(t) + \sum_{k=1}^m \pi_{ik} \int_0^t W_{ik}(\tau) \Phi_{kj}(t-\tau) d\tau \quad i, j = \overline{1; M},$$

$$F_i(t_p) = \sum_j \int_0^{t_p} F_j(t_p - \tau) Q_{ij}(\tau) d\tau + \sum_j Q_{ij}(t) \quad i = \overline{1; M},$$

де M – множина станів процесу зміни якості функціонування виробу $q(t)$;

$\Phi_{ij}(t)$ – інтервально-перехідні імовірності процесу $q(t)$, що характеризують ймовірність перебування процесу;

$q(t)$ – у момент t у j -ом стані за умови, що в початковий момент часу знаходився в i -тому;

$F_i(t_p)$ – функція розподілу часу t_p перебування процесу $q(t)$ у підмножині працездатних станів M_p за умови, що в початковий момент часу вона знаходиться в i -тому стані. Інші величини визначаються через елементи матриці $[Q_{ij}(t)]$ з виразів:

$$\pi_{ij} W_{ij}(t) = \frac{d Q_{ij}(t)}{dt}; \quad \psi_i(t) = 1 - \sum_{j=1}^M Q_{ij}(t).$$

Завдяки використанню цих моделей оцінку надійності можна проводити по:

- коефіцієнту готовності $K_z = \sum_j \Phi_j$, де Φ_j – інтервально-перехідні імовірності процесу $q(t)$;
- середньому часу перебування каналу виробів АТ в області працездатних станів;
- середньому часу відновлення.

З урахуванням ТС виробів АТ для коефіцієнта готовності отримано вираз:

$$K_{\Gamma} = \sum_{i=1}^M \Phi_i P_{\kappa\Phi}, \quad \text{де } P_{\kappa\Phi} = \int_{q_{\Gamma}}^{\infty} W(q_i) dq_i,$$

$W(q_i)$ – щільність імовірності.

У роботі [31] викладається спосіб оцінки надійності систем, що удосконалюють, заснований на обчисленні виграшей надійності по кожній із заданих характеристик замість обчислень абсолютних значень показника надійності, що дозволяє різко скоротити обсяг обчислень. Виграш надійності:

$$G_P = \frac{P_c^*}{P_c} = \frac{P_j^*}{P_j},$$

де P_j^* і P_j – імовірність безвідмовної роботи i -го елемента системи після підвищення надійності і до неї. Тоді P системи підвищення надійності $P_c^* = G_P P_c$. Для систем, у яких $P(t)$ прагнути до 1, використовується виграш по

ймовірності відмов: $G_Q = \frac{Q_c^*}{Q_c}$.

Виграш надійності за коефіцієнтом готовності K_Γ^* :

$$G_{K_\Gamma} = \frac{K_\Gamma^*}{K_\Gamma} = \left[1 + K_\Gamma \left(\frac{\lambda_j^*}{\mu_j^*} - \frac{\lambda_j}{\mu_j} \right) \right].$$

Визначаються виграш надійності для: 1) постійно включеного резерву невідновлюваної системи; 2) резервованої відновлюваної системи при одній бригаді обслуговування; 3) резервування заміщенням і різними пріоритетами обслуговування. Пропонований метод спрощує розрахунки, дозволяє обчислювати показники надійності нової системи при наявності достовірних даних про надійність старої, дає можливість обчислювати надійність дуже СТС, якщо останні представляти як ті, що розвиваються з простих.

У роботі [32] даний опис функціонування технічних пристроїв з довільними законами розподілу імовірності часу безвідмовної роботи і часу відновлення елементів за допомогою системи інтегральних рівнянь. Приводиться наближений ітераційний метод рішення зазначеної системи рівнянь, у результаті якого визначається наробіток на відмову, середній час відновлення і стаціонарний коефіцієнт готовності. Для складання інтегральних рівнянь запропонована модель, у якій для k -го стану пристрою визначено 6 підмножин елементів.

Одним з методів дослідження СТС є метод, заснований на використанні біонічної моделі [33]. Суть його полягає в тому, що визначаються закони розподілу кількості непрацездатних елементів у різних режимах. У випадку відповідності їхньому нормальному закону обчислюється коефіцієнт оперативної готовності. Однак загальноприйнята методика не враховує нерівноцінності внеску всіх елементів у забезпечення якості функціонування системи. Пропонується [34] уводити вагові коефіцієнти K_i для i -го рівня, що або задаються в технічному завданні, або визначаються експериментально. Тоді:

$$K_{\Gamma} = \prod_{i=1}^n \Phi \left(\frac{mk_i - \overline{m_i}n}{n\sigma m_i} \right);$$

де n – кількість рівнів впливу на якість;

m – максимальна кількість непрацездатних елементів, при якому забезпечується номінальна якість системи;

$\overline{m_i}$, σm_i – математичне очікування і середньоквадратичне відхилення кількості елементів у довільний момент часу;

$\Phi(.)$ – нормальна функція розподілу.

При аналізі надійності СТС не завжди вдається коректно використовувати марковські процеси. Як правило це відноситься до часу відновлення або до потоку відмовлень, що не є найпростішими. Побудова систем рівнянь, що описують немарковські моделі, зв'язано з великими математичними труднощами.

Враховуючи специфіку повітряного транспорту, де превалює вимога забезпечення БП, для більшості виробів ПС при оптимізації за критеріями вартості, необхідно, щоб підтримувалися вимоги заданих рівнів БП ПС. В таких умовах критерій оптимізації дорівнює:

$$Q_{Ri}(t, \Delta t) \leq Q_{Ri}^*(t, \Delta t), C_{\text{пит.екс.}} \rightarrow C_{\min} \text{ або } K_{\Gamma} \rightarrow K_{\Gamma \max},$$

де $Q_{Ri}(t, \Delta t)$ – рівень ймовірності функціональної відмови за час Δt ;

$Q_{Ri}^*(t, \Delta t)$ – регламентований рівень ймовірності функціональної відмови за час Δt польоту;

$C_{\text{пит.екс.}}$ – питомі експлуатаційні витрати;

K_{Γ} – коефіцієнт готовності.

Опираючись на те, що в SARP's ICAO регламентована частота виникнення подій: особливих ситуацій польоту (ОСП) й функціональних відмов за умови обмеження при оптимізації режимів ТО дозволяється використовувати ймовірність виникнення ОСП або функціональної відмови, що призводять до ОСП ($Q_{Ri}(t)$): $Q_{Ri}(t, \Delta t) \leq Q_{Ri}^*(t, \Delta t)$. Комплекс керуючих впливів можна вважати оптимальним, якщо мінімізується функція збитків при умові забезпечення регламентованих рівнів безвідмовності.

Таким чином, для розрахунку ймовірності функціональної відмови системи необхідно отримати аналітичні залежності $Q_{Ri}(t, \Delta t)$ від експлуатаційних характеристик комплектуючих виробів та режиму ТО:

$$Q_{Ri}(t, \Delta t) = f(\lambda_i, \Delta\tau_k, P_k),$$

де λ_i – інтенсивність відмов i -го елементу системи;

$\Delta\tau_k$ – періодичність контролю;

P_k – ймовірність виявлення відмови при ТО.

Для використання в якості критерію оптимізації потрібно отримати аналітичні залежності, які зв'язують витрати на реалізацію керуючих впливів та розміру збитку через втрату працездатності, з експлуатаційними характеристиками й параметрами режиму ТО.

Питомі експлуатаційні витрати, які пов'язані з ТО та усуненням наслідків відмов системи, будуть дорівнювати: $C_{\text{пит.екс.}} = C_k / \Delta\tau_k + C_{\text{ув.}} \lambda_c$, де C_k – вартість планового ТО; $C_{\text{ув.}}$ – середня вартість усунення наслідків відмов системи; λ_c – інтенсивність відмов системи.

Таким чином, питомі витрати, які пов'язані з ТО залежать від безвідмовності об'єктів, режиму ТО, вартості контрольних операцій і витрат, що пов'язані з усуненням наслідків відмов: $C_{\text{пит.екс.}} = f(\lambda_c, \Delta\tau_k, P_k, C_k, C_{\text{ув.}})$.

Так, для елементів систем, що мають поступовий характер відмов й параметричний вид контролю ТС, критерій можна надати у вигляді:

$$Q_{Ri} = f(\lambda_{iB}, \lambda_{iH}, \eta_i, \Delta Y, \Delta t_{di}, T_{MPi}), C_{\text{пит.екс.}} = f(\lambda_{iB}, \lambda_{iH}, \eta_i, \Delta Y, \Delta t_{di}, C_{\text{відм.і}}, C_{\text{нес.і}}, C_{di}, T_{MPi}),$$

де λ_{iB} , λ_{iH} , – інтенсивність раптових відмов та несправностей відповідно;

η_i , – інтенсивність відмов при монотонному вимірі параметру, що має визначаючий характер;

ΔY – допуск на змінювання параметрів;

Δt_{di} – періодичність діагностування;

T_{MPi} – міжремонтний ресурс;

$C_{відм.i}$, $C_{нес.i}$, $C_{ді}$ – вартості усунення відмов, несправностей та проведення процедур діагностування.

Для збільшення ефективності експлуатації ПС необхідно збільшення частки часу працездатного стану ПС – чому відповідає максимум коефіцієнту готовності K_r (мінімум коефіцієнту простою $K_{пр}$ при проведенні ТО): $K_r \rightarrow K_{r \max} (K_{пр} \rightarrow K_{пр \min})$.

Коефіцієнт простою визначається виразом: $K_{пр} = K_{то} + K_{вп}$, де $K_{то}$, $K_{вп}$ – коефіцієнти простою на ТО та відновлення працездатності. Коефіцієнт $K_{то}$ визначається виразом: $K_{то} = t_{то}/T_{то}$, де $t_{то}$, $T_{то}$ – довготривалість й періодичність проведення ТО. Із достатньою для практики точністю коефіцієнт $K_{вп}$ розраховується за співвідношенням: $K_{вп} = \lambda_{сер} T_v$, $\lambda_{сер} = \frac{1}{T_{то}} \int_0^{T_{то}} \lambda(t) dt$, де $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов; T_v – середнє значення часу відновлення. При будь-якому розподіленні напрацювання до відмови елементу існує залежність:

$$\int_0^{T_{то}} \lambda(t) dt = -\ln P(T_{то}),$$

де $P(T_{то})$ – ймовірність збереження працездатності.

Тоді коефіцієнт простою $K_{пр}$ визначається виразом:

$$K_{пр} = \frac{t_{то}}{T_{то}} + \frac{T_v}{T_{то}} [-\ln P(T_{то})].$$

Якщо дослідити залежність для $K_{пр}$ на екстремум, неважко переконатись, що в наявності оптимальна періодичність проведення ТО виробу, яка забезпечує мінімальний коефіцієнт простою.

На підставі класифікації технічних пристроїв по факторах, що відбиває часовий режим використання по призначенню і наслідкові відмов (таблиця 2.1),

визначають шифр розглянутого пристрою і номер групи, до якої воно належить (таблиця 2.2) .

Таблиця 2.1 – Класифікатор виробів за режимами використання

Ознака класифікації (фактор)	Значення ознаки і його позначення у шифрі	Місце цифри в шифрі
Часовий режим використання	1 – безперервний; 2 – циклічний регулярний; 3 – циклічний нерегулярний.	Перше
Домінуючий фактор при оцінці наслідків відмовлення	1 – факт відмовлення незалежно від тривалості простою, обумовленого цим відмовленням; 2 – невиконання пристроєм заданих йому функцій у заданому обсязі; 3 – простий незалежно від причини, його що обумовила; 4 – змушений простій; 5 – факт відмовлення і простій незалежно від причини, його що обумовила; 6 – факт відмовлення і простій, обумовлений відмовленням.	Друге

Таблиця 2.2 – Кодифікатор виробів

Шифр пристрою	Номер групи технічного пристрою
22 32	1
11 21 31	2
13	3
24 34	4
15	5
26 36	6

Визначені шість основних стратегій ТО і для кожної з них представлена формула для обчислень критерію оптимізації. Для визначених або призначених видів робіт вибирають відповідну стратегію проведення заміन технічних пристроїв і визначають її номер (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Класифікатор стратегій ТО виробів

Види робіт	Характер виявлення робіт	Стратегії проведення заміни технічних пристроїв	Номер стратегії
Заміни внаслідок відмов	Відмови виявляється миттєво	При відмові проводити заміну пристрою.	1
Попереджувальні заміни і заміни унаслідок відмов.	Відмови виявляється при проведенні заміни пристрою	Періодично проводити заміну пристрою. Від моменту відмови до завершення наступної заміни пристрій не може виконувати поставлену перед ним задачу.	2
	Відмова виявляється миттєво	Періодично (по наробітку) проводити попереджувальні заміни пристрою. При відмовах між ними проводяться непланові заміни без часу проведення наступної попереджувальної заміни.	3
		При відмові проводити непланову заміну з перенесенням часу проведення чергової попереджувальної заміни.	4
Перевірки і заміни унаслідок відмов	Відмови виявляється при проведенні перевірок працездатності пристрою	Періодично проводити перевірки працездатності пристрою. При виявленні відмов проводити заміну пристрою	5
Перевірки попереджувальні заміни і заміни унаслідок відмов		При виявленні відмов проводити заміну пристрою з перенесенням часу проведення чергової попереджувальної заміни. Відлік кількості перевірок виробляється від останньої попереджувальної заміни.	6

За номером стратегії, по якій передбачається проводити заміни, визначають формулу для обчислення критерію оптимізації (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Розрахункові формули

Номер стратегії	Формули для обчислення критерію оптимізації
1	$K = A_5 + [B_5 + D_5 \cdot T_2] \cdot \sum_{n=0}^{\infty} P(nT_2)$
2	$K = \frac{A_2 + B_2 \cdot P(T_1) + D_2 \left[T_1 - \int_0^{T_1} P(t) dt \right]}{\int_0^{T_1} P(t) dt}$

Закінчення таблиці 2.4

3	$K = \frac{A_3 + B_3 \cdot H(T_1)}{T_1}$
4	$K = \frac{A_4 + B_4 \cdot P(T_1)}{\int_0^{T_1} P(t)dt}$
5	$K = A_5 + [B_5 + D_5 \cdot T_2] \cdot \sum_{n=0}^{\infty} P(nT_2)$
6	$K = \frac{A_6 + B_6 \cdot P(T_1) + [D_6 + E_6 \cdot T_2] \cdot \sum_{n=0}^{(T_2 T_1)-1} P(nT_2) + F_6 \int_0^{T_1} P(t)dt}{\int_0^{T_1} P(t)dt}$

Умовні позначки:

$H(T_1)$ – функція відновлення, рівна середньому числу відмовлень за час T_1 ;

T_1 – періодичність проведення попереджувальних замін;

T_2 – періодичність проведення перевірок працездатності пристрою;

$T_{\text{сер}}$ – середній наробіток до відмови.

Складених постійних коефіцієнтів, що входять у формули для обчислення критерію оптимізації, приведені в таблиця 2.5.

Таблиця 2.5 – Складові постійних коефіцієнтів

Постійні коефіцієнти	Складові постійних коефіцієнтів
A_1	$\frac{\beta_3 + \varepsilon_1 t_3 + \varepsilon_2}{T_{\text{сер}}}$
A_2, A_4, A_6	$\beta_3 + \varepsilon_1 t_3 + \varepsilon_2$
A_3	$\beta_1 + \varepsilon_1 t_1$
A_5	$\frac{\beta_3 + \varepsilon_1 t_3 - \varepsilon_1 T_{\text{сер}} + \varepsilon_2}{T_{\text{сер}}}$
B_2, B_4, B_6	$\beta_1 - \beta_3 + \varepsilon_1 t_1 - \varepsilon_1 t_3 - \varepsilon_3$
B_3	$\beta_3 + \varepsilon_1 t_3 + \varepsilon_2$
B_5	$\frac{\beta_2 + \varepsilon_1 t_2}{T_{\text{сер}}}$
D_2	ε_1

Закінчення таблиці 2.5

D_5	$\frac{\varepsilon_1}{T_{\text{сер}}}$
D_6	$\beta_2 + \varepsilon_1 t_2$
E_6	ε_1
F_6	$-\varepsilon_1$

Для визначення оптимальної періодичності проведення заміन технічних пристроїв тривалого використання необхідно досліджувати критерій оптимізації на екстремум. Періодичність проведення замін, що забезпечує екстремальне значення критерію, приймають за оптимальну.

На рисунках 2.5 – 2.7 наведено результати розрахунку оптимальної періодичності ТО виробів АТ в залежності від різних законів розподілу ймовірностей безвідмовної роботи та параметрів моделей.

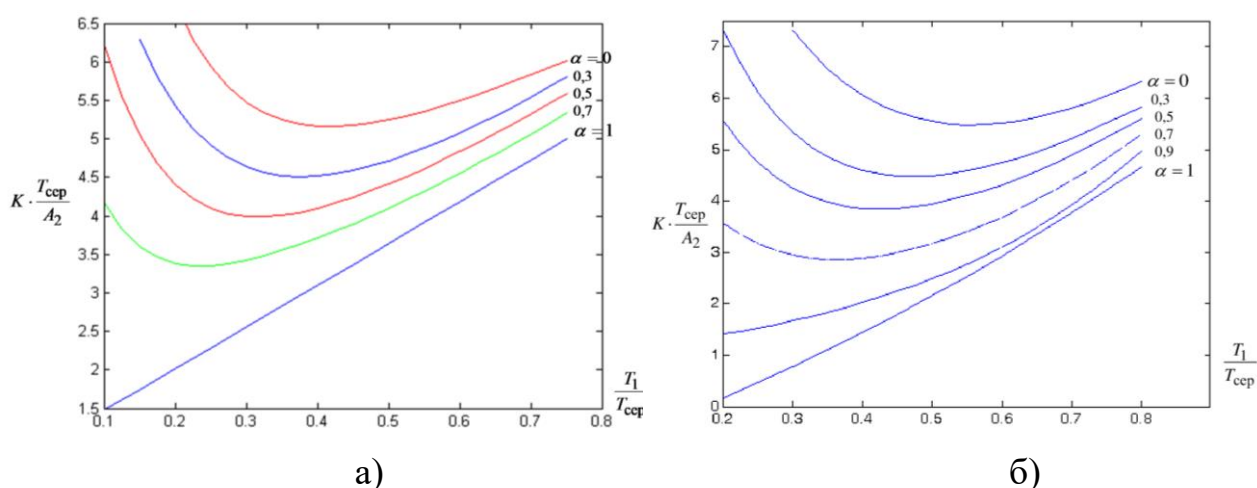
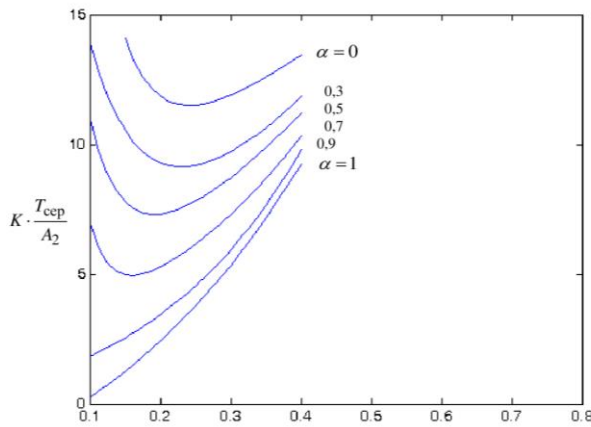
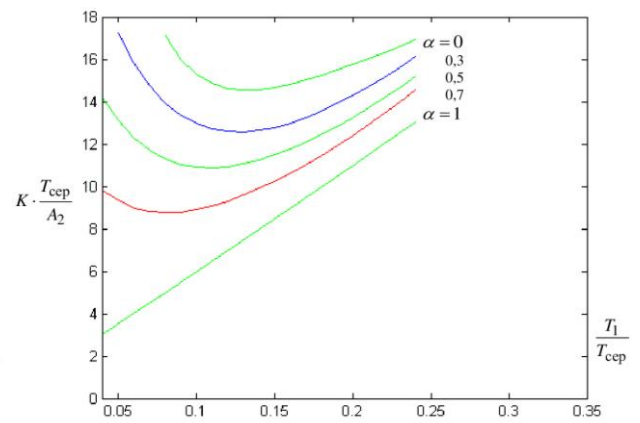


Рисунок 2.5 – Стратегія 2



а)

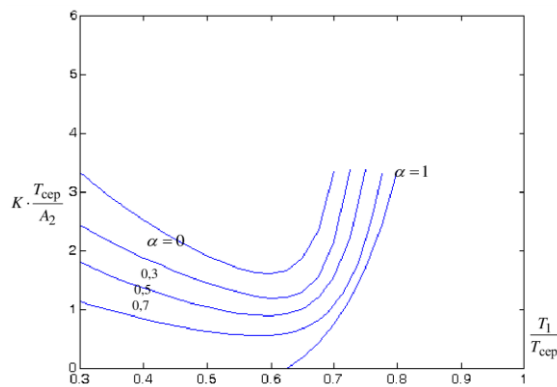


б)

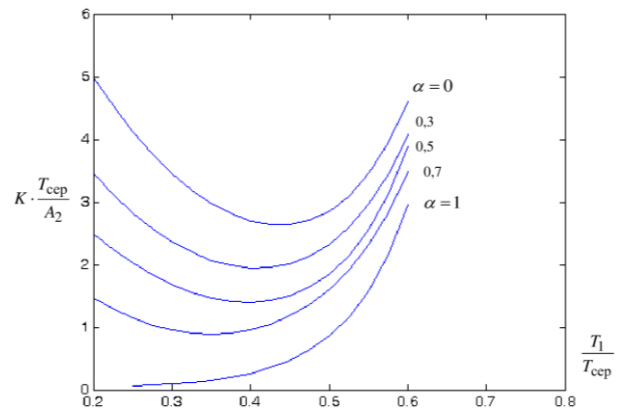
а) – розподіл часу безвідмовної роботи за законом Вейбула ($b = 2$; $\delta = 10^3$);

б) – експоненційний закон розподілу часу безвідмовної роботи ($\delta = 10^2$)

Рисунок 2.6 – Стратегія 2



а)



б)

а) – нормальний закон розподілу часу безвідмовної роботи ($V = 0,1$; $\delta = 10^4$);

б) – нормальний закон розподілу часу безвідмовної роботи ($V = 0,2$; $\delta = 10^3$);

Рисунок 2.7 – Стратегія 2

Нажаль методика не вирішує задачу групування складених елементів виробів по періодичності їх ТО та замін. Найчастіше як критерії ефективності ТО приймаються: імовірність безвідмовної роботи [36, 37]; коефіцієнт готовності [37, 38]; коефіцієнт технічного використання [25, 26]; коефіцієнт ефективності ТО [5]; витрати на обслуговування [5] і ін. Актуальність і складність рішення задач аналізу і синтезу систем ТО з метою підвищення ефективності ПС як СТС приводить до того, що число досліджень у цій галузі зростає.

Для комплексного обліку впливу на характеристики і властивості об'єктів

експлуатації керуючих впливів, потрібна розробка нового методологічного підходу до керування станом виробів АТ, що дозволяє визначити оптимальні керуючі впливи з обліком всіх експлуатаційних факторів.

2.3 Методи контролю та діагностування повітряного судна та його компонентів і фактори, що визначають їх ефективність

Розробка й удосконалювання засобів і методів діагностування дозволяють об'єктивно оцінювати ТС низькі виробів АТ. Досвід застосування прогресивних методів ТО свідчить про їхню перспективність і мобільність, тому що в залежності від конструктивних особливостей ПС, ступеня їх контролепридатності, кратності резервування можлива оптимізація і трансформація методів у широкому діапазоні. Так, ТО по ресурсу часто переходить в обслуговування до відмовлення для таких виробів, відмовлення яких не впливають на БП.

Розробка і впровадження методів ТО показує, що практична реалізація прогресивних методів, зокрема методів ТО «за станом», приводить до різкого збільшення обсягів інформації. Джерелом такої інформації є статистичні дані про результати експлуатації і контролю стану АТ. Сполучення цієї інформації з результатами спеціальних випробувань і наукових розробок забезпечує можливість виявити причини відмовлень і ушкоджень, визначити передісторію й ознаки передвідмовного стану, знайти оптимальні шляхи підвищення надійності виробів. Слід зазначити: що аналіз надійності серійних виробів і систем в умовах експлуатації є найважливішою умовою їхнього конструктивного удосконалення й основою для розробки нових виробів АТ.

Рішення задачі комплексної оцінки ТС виробів з обліком усіх можливих методів контролю працездатності окремих конструктивних елементів, вузлів, систем і двигунів у цілому вимагає розробки великої кількості досить складних алгоритмів, що можуть бути реалізовані тільки на базі ЕОМ. Виходячи зі змісту системи контролю і діагностування ПС, при оцінці ефективності їхнього застосування необхідно вирішувати наступні питання:

- як установити раціональне відношення між рівнем надійності і витратами на його забезпечення в експлуатації;

- як оцінити фактичний рівень надійності і витрат;
- якого роду й у якому обсязі бажано одержати інформацію про параметри виробів, які засоби і методи при цьому використовувати;
- яка вартість збору й обробки статистичної інформації;
- як організувати передачу, збереження і використання інформації;
- чи буде використана інформація на інших ієрархічних рівнях, у якому виді, який ефект;
- методи діагностування будуть застосовуються при існуючій організації або передбачається можливість удосконалювання її структури й ін.

Функції контролю і діагностування ТС виробів АТ чисельні, різноманітні, трудомісткі. Вони не обмежуються в даний час тільки контролем параметрів виробів і їхнім аналізом, а повинна включати й елементи керування процесом експлуатації АТ, видачу коригувальних впливів, передбачати систематизацію інформації її агрегування.

Методи контролю, метою яких є індикація стану виробу (придатний, не придатний) не мають достатню чутливість, подовжують технологічний процес, вимагають додаткових витрат, а головне не сприяють запобіганню наслідків відмов.

В даний час, особлива увага повинна приділятися методам активного контролю, сутність яких – перевірка ходу процесу експлуатації виробів і їхнє керування. При цьому методи контролю і діагностування спрямовані на запобігання усіляких втрат у процесі експлуатації і сприяє скороченню недоліків в роботі технічного персоналу, підвищенню стабільності технологічних процесів ТО і показників надійності, збільшенню продуктивності праці.

Високі економічні показники досягаються при організації ТО ПС на основі застосування автоматизованих убудованих систем діагностування АТ і пошуку несправностей, що сприяють скороченню обсягу і вартості ТО й одночасно підвищенню БП [39]. Бортова апаратура реєстрації польотної інформації одержала широке поширення завдяки наступним факторам:

- здійснює безперервний контроль стану об'єктів експлуатації;
- здійснює прогнозування ТС;

- відслідковує короткочасні і відмовлення, що перемижують;
- сприяє скороченню числа відмовлень у польоті і зниження трудомісткості і вартості ТО;

- оптимізує фонд запасних частин.

При введенні системи діагностування в умови реальної експлуатації необхідно враховувати наступне:

- розкид механічних властивостей матеріалу;
- час утворення початкової тріщини;
- фізикові нагромадження ушкоджень;
- швидкість росту втомленої тріщини;
- спектр експлуатаційних навантажень;
- конструктивні особливості і концентрацію напруг;
- особливості моделі росту тріщин у залежності від числа циклів навантаження.

Необхідно розробити такі методи і засоби діагностування, що дозволяють визначати ТС об'єкта, здійснювати пошук місця несправності до конструктивного вузла, заміна або регулювання якого дозволена в експлуатації. Особливо це стосується ГТД, як найбільш складного динамічного об'єкту.

Комплексна система діагностування передбачає:

- забезпечення контролепридатності АТ;
- створення ефективних інструментальних засобів діагностування;
- методичне, технічне й організаційне забезпечення спеціалізованих підрозділів діагностики;
- розробку методів і алгоритмів діагностування, розробку алгоритмів прийняття рішень і ін.

Усе більша увага приділяється створенню наземно-бортових систем, у яких реєстрація, попередня обробка інформації і спрощений контроль працездатності основних вузлів і систем ПС виробляється за допомогою бортових автоматизованих систем, а заглиблений аналіз діагностичної інформації, оцінка ТС виробів АТ і вироблення необхідних керуючих впливів з метою відновлення

їхньої працездатності до заданого нормативно-технічною документацією рівня виконується на землі за допомогою ефективних засобів обчислювальної техніки.

Аналіз відмовлень і ушкоджень несправностей авіаційних ГТД і умов їхньої експлуатації дозволяє виділити основні, що найбільше часто зустрічаються ушкодження проточної частини й основні експлуатаційні фактори.

До масових несправностей і ушкоджень проточної частини ГТД у першу чергу необхідно віднести забруднення, корозійно-ерозійні ушкодження, забоїни і погнутості елементів конструкції проточної частини двигуна, прогари.

Сукупність контрольно-вимірювальних і логічних операцій, за допомогою яких оцінюють ТС ПС, визначає основний зміст процесу контролю і діагностування систем і агрегатів ПС.

Процес контролю і діагностування виробів АТ вимагає в кожному конкретному випадку вибору принципу організації і режиму контролю функціонування об'єктів експлуатації, тому що через ненадійність самої системи контролю і використання нераціональних режимів вона може бути малоефективна.

Формування оптимальних режимів контролю об'єктів експлуатації проводиться на основі аналізу ефективного його застосування в умовах експлуатації. Оскільки ТС системи контролю варто вважати випадково мінливим у часі, то правила вибору й оцінки режимів контролю, що забезпечують задану ефективність, можна сформулювати в результаті рішення задачі керування випадковим процесом.

Широкий клас систем ТО описуються марковськими моделями з кінцевою безліччю станів. У таких моделях не важко врахувати різні припущення про надійність виробів АТ, у правилах проведення відбудовних і профілактичних робіт і характеристиках прояву відмов. Оскільки втручання в роботу СТС проводиться в дискретні моменти часу, у моделях можна враховувати лише дискретне керування. Слід зазначити, якщо випадковий процес не марковський, то прийняті на основі його вивчення рекомендації з організації ТО будуть залежати від майбутнього стану технічної системи, а такі рекомендації не конструктивні.

Якість технологічних процесів ТО виробів АТ визначається експлуатаційними характеристиками взаємодіючих елементів системи ТО, до

яких відносяться: види, періодичність, обсяг, тривалість робіт, безвідмовність і ремонтпридатність об'єктів експлуатації, повнота і вірогідність контролю їхнього ТС, вартість ТО, кваліфікація авіаційного персоналу й ін., що визначають систему ТО в цілому.

За результатами контролю об'єкт експлуатації може бути віднесений до категорії працездатного або непрацездатного (рисунок 2.8) [11, 27].

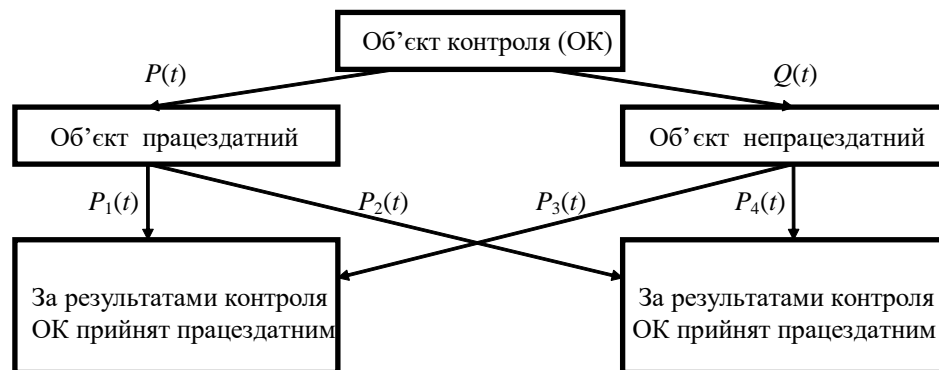


Рисунок 2.8 – Схема обліку контрольних операцій по параметрах якості ТО

Умовні імовірності помилок результатів прийняття рішень про стан об'єкта, названі помилковим відмовами (помилка I-ого роду) і невиявленим відмовами (помилка II-ого роду) є функціями часу і рівні: $\alpha(t) = \frac{P_2(t)}{P(t)}$, $\beta(t) = \frac{P_3(t)}{Q(t)}$; тоді імовірності переходу рівні: $P_1(t) = P(t)[1-\alpha(t)]$, $P_2(t) = P(t)\alpha(t)$, $P_3(t) = Q(t)\beta(t)$, $P_4(t) = Q(t)[1-\beta(t)]$. Ймовірність прийняття за результатами контролю станів працездатності $P_K(t)$ і непрацездатності $Q_K(t)$ визначається виразами:

$$P_K(t) = \frac{P(t)[1-\alpha(t)]}{P(t)[1-\alpha(t)] + Q(t)\beta(t)}, \quad Q_K(t) = \frac{Q(t)[1-\beta(t)]}{Q(t)[1-\beta(t)] + P(t)\alpha(t)}.$$

Отже, однакові значення вірогідності контролю можуть бути отримані як підвищенням надійності виробів АТ $[P(t)]$, так і зміною помилок першого і другого роду. Характер зміни ймовірності контролю від надійності виробів АТ і параметра C_K показаний на рисунку 2.9, де $C_K = \frac{1-\alpha(t)}{\beta(t)}$. Ймовірність контролю D_K – повна ймовірність того, що в процесі контролю ймовірно визначається той вид технічного стану, у якому дійсно знаходиться об'єкт контролю $D_K = 1 - \alpha(t) - \beta(t)$.

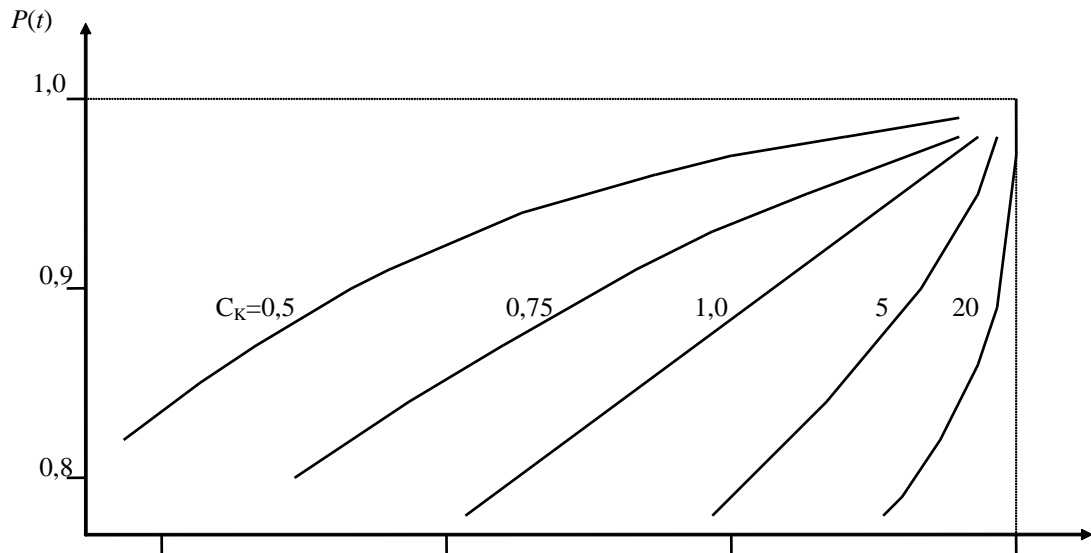


Рисунок 2.9 – Залежність вірогідності контролю від надійності виробу і параметра C_K .

Повнота контролювання визначається співвідношенням:

$$V_K = \frac{H(n_0) - \prod_{i=1}^{n_k} R_i^0 H(n_H)}{H(n_0)},$$

де $H(n_0)$ – ентропія множини загального числа складових частин об'єкта контролю (n_0), з точністю до якого визначається вид технічного стану об'єкта;

R_i^0 – апіорна імовірність безвідмовної роботи i – складової частини об'єкта контролю;

$H(n_H)$ – ентропія множини чисел складових частин об'єкта контролю, не охоплених контролем.

Ймовірність правильного діагностування D_d – повна ймовірність того, що засобу діагностування визначають той ТС у якому дійсно знаходиться об'єкт.

$$D_d = 1 - \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m P_{ij},$$

де P_{ij} – апостеріорна імовірність помилки діагностування виду (i, j) .

Таким чином, якість ТО виробів АТ визначається ефективністю використання засобів контролю і діагностування включаючи повноту контролю і

методичну ймовірність виявлення відмов, вірогідність контролю й інтенсивність відмов виробів, режим контролю і тривалість його проведення.

Аналіз параметрів системи ТО показує важливість обліку характеристик контролю при оцінці експлуатаційної надійності виробів АТ. Навіть незначна ідеалізація засобів контролю може привести до великих похибок в оцінці надійності.

Змінюючи періодичність і тривалість ТО, удосконалюючи організацію і технологію усунення відмов можна забезпечити різні часи перебування виробу в можливих станах, а отже, і різні значення ймовірностей P_{00} , P_{10} , P_{01} , P_{11} які є показниками якості системи ТО окремого агрегату ПС. Інтенсивності переходів у побудованій моделі виражаються як через конструктивні параметри самого виробу (λ_i), так і параметри його системи ТО (μ_i).

В даний час розроблено багато методик оцінки ТС основних вузлів, конструктивних елементів ПС у цілому, однак дуже мало з них реалізовано на практиці і використовується в експлуатаційних підприємствах ЦА [39, 40].

Обмежене використання наземно-бортових системами збору й обробки польотної інформації й інформації супровідний процес технічної експлуатації АТ для більшості авіакомпаній стає просто неприпустимим.

У такий спосіб основними принципами створення сучасних систем діагностування ПС та його компонентів є:

- профілактичність – орієнтації організації системи діагностування не тільки на виявлення, а і на попередження появи відмов при використанні АТ по призначенню;
- забезпечення надійності системи контролю;
- комплексність – система контролю і діагностування повинна охоплювати безліч елементів АТ;
- економічність – система повинна функціонувати з найменшими трудовими і матеріальними витратами.

Ефективність системи контролю і діагностування АТ тоді буде визначаться тим, наскільки повно і послідовно здійснюються в експлуатації зазначені принципи.

Висновки до розділу 2

За результатами аналізу процедур регламентації процесів технічного обслуговування повітряних суден встановлено що розробка методичного, організаційного математичного і технічного забезпечення оцінки ТС виробів враховує наступне:

- особливості конструкції ПС та його компонентів;
- контролепридатність об'єкту (виробу) обслуговування ;
- умови експлуатації прийнятої системи ТО;
- статистичні дані про характерні відмови й пошкодження.

Встановлено, що існуюча широка гама інструментальних методів і засобів контролю ТС, використовуваних у даний час при ТО ПС має істотний недолік, а саме – їхнє застосування можливе лише з визначеною періодичністю, заданою програмою ТО конкретного типу ПС, що може виявитися недостатньою для запобігання несправностей двигуна, здатних привести до важких АП.

У підсумку розроблено та запропоновано схему етапів формування адаптивного регламенту ТО ПС та алгоритм прийняття рішення під час обирання видів робіт з контролю стану конструктивних елементів планера ПС.

3 РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПІДТРИМАННЯ ЛЬОТНОЇ ПРИДАТНОСТІ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ТА ЇХ КОМПОНЕНТІВ

3.1 Загальні питання

Підвищення ефективності організаційно-технічних рішень у процесі експлуатації АТ і постійне її вдосконалення розглядаються як керована динамічна система зі складною взаємодією організацією й підприємств, що забезпечують якість виробів АТ на етапах проектування, виробництва й експлуатації.

На експлуатаційні підприємства ЦА покладаються збір, облік і обробка статистичних даних про виявлені в польоті й на землі відмови і ушкоджених виробів АТ і на основі аналізу їх причин, результатів експлуатації, оцінки фактичного рівня надійності АТ, а також результатів діагностування й контролю технічного стану виробів, рішення наступних основних завдань:

- вибір засобу й оптимізація режимів контролю й діагностування АТ з урахуванням конкретних умов експлуатації;
- розробка й реалізація організаційно-технічних заходів щодо попередження АП і передумов до них через відмови виробів АТ, що виникли як з вини технічного персоналу і низької якості ТО АТ, так і недостатньо високої якості експлуатаційних властивостей виробів;
- реалізація оптимальних стратегій ТО виробів АТ;
- пред'явлень вимог до промислових підприємств до організацій про усунення конструктивно-виробничих недоліків АТ;
- контроль відповідності фактичного рівня надійності виробів АТ заданим вимогам (у конкретних умовах експлуатації);
- облік, виконання й оцінка ефективності заходів щодо підвищення надійності виробів АТ і ін.

Слід зазначити, що рішення перерахованих завдань повинне вестися комплексно стосовно всіх властивостей надійності з урахуванням економічних показників. Інтереси комплексного рішення проблеми забезпечення надійності

АТ, що охоплює етапи проектування й експлуатації, викликають необхідність розробки єдиних методологічних принципів системного аналізу й керування, як цілісного й самостійного наукового напрямку.

На основі встановлення зв'язків властивостей надійності з економічними показниками необхідно визначити закономірності керування процесами формування якості виробів АТ і його оптимальної реалізації в умовах експлуатації, що дозволить конструкторам і експлуатаційникам об'єктивно оцінювати економічні результати зміни надійності виробів АТ, розкрити організаційно-технічний механізм пошуку нових рішень.

Завдання забезпечення надійності АТ не можна розуміти в тому розумінні, що треба обов'язково підвищити надійність виробів. Існують певні сполучення характеристик, властивостей, режимів ТО й інших факторів, при яких досягається заданий рівень надійності виробів АТ, - при цьому витрати мінімальні. У цьому випадку завдання забезпечення вимог по надійності зводиться до завдання оптимального розподілу засобів, що різко ускладнюється, тому що необхідно знати таку глобальну цільову функцію, що дозволила б визначити доцільний розподіл засобів між можливими альтернативами підвищення надійності об'єктів експлуатації.

При забезпеченні необхідного рівня надійності виробів АТ необхідно враховувати наступні особливості об'єктів експлуатації:

- вироби АТ придатні до ремонту, відновлювання й обслуговування систем, що, розраховані на тривале функціонування;
- вироби АТ є багатофункціональними й багатокомпонентними системами, до складу яких входять різні технічні засоби (механічні, електромеханічні, електронні й ін.);
- у виконанні тієї або іншої функції системи беруть участь кілька різних компонентів, і в той же час той самий компонент може брати участь у виконанні декількох функцій системи;
- рівень надійності виробів АТ у значній мірі визначає економічну ефективність використання ПС і ін.

Рівень надійності АТ визначаються наступними основними факторами:

- надійністю комплектуючих елементів;
- структурною схемою функціональних систем об'єктів експлуатації;
- організаційними формами, режимами й параметрами технічної експлуатації АТ, у тому числі режимами, параметрами й організацією ТО;
- чисельністю, складом і кваліфікацією ремонтно-експлуатаційного персоналу;
- оснащеністю авіапідприємств ЦА;
- раціональністю розподілу завдань діагностування АТ між наземними й бортовими засобами контролю, режимами діагностування, рівнем кваліфікації персоналу й організацією роботи діагностичних служб;
- умовами експлуатації АТ і ін.

Проблема оптимізації керування надійністю АТ ставиться в широкому змісті, при цьому можливі два випадки.

У першому випадку оптимізується схема й конструкція комплектуючих елементів, режими експлуатації, система контролю, методи й режими ТО й ін., що характерно для етапу проектування (освоєння) об'єктів АТ.

У другому (для серійних виробів АТ) при заданій конструктивній схемі, надійності комплектуючих елементів, установлених режимів експлуатації, що існує системі контролю необхідно оптимізувати стратегію й режими ТО виробів АТ. При цьому передбачається визначення раціональних заходів щодо конструктивного вдосконалення виробів АТ.

Зміст оптимізації на стадії проектування складається в забезпеченні збалансованих характеристик і властивостей виробів АТ по сукупності визначальних ознак, що сприяють найбільш ефективні їхні реалізації в умовах експлуатації. Так, наприклад, відповідність нормам льотної придатності ПС можна досягти як за рахунок удосконалення конструктивної схеми, підвищення надійності елементів функціональних систем, так і установкою ефективних контрольно-вимірювальних апаратури, зменшенням ресурсу й періодичності їх ТО та ін.

Слід також зазначити, що контроль і діагностування АТ дозволяють реалізувати на практиці більше прогресивні технологічні процеси ТО, які в цей

час стримуються відсутністю «машинних» методів керування виробничо-технологічними процесами в експлуатаційних підприємствах ЦА.

Важливе значення при розробці методології має облік особливостей об'єктів експлуатації, склад і зміст необхідної інформації, які визначаються:

- завданнями системи керування;
- можливістю одержання певної інформації, її повнотою, вірогідністю, однорідністю й своєчасністю;
- використаними моделями;
- вимогами до вихідної інформації, точністю рішення завдань;
- життєвим етапом виробу, на якому приймаються рішення й ін.

З позицій інформаційної забезпеченості розглянутих можна виділити наступні чотири рівні:

1. детермінований, при якому властивості об'єкта експлуатації й умови його функціонування повністю відомі;
2. стохастичний, при якому відомі безлічі об'єктів, умови їхнього функціонування та апіорний розподіл ймовірностей елементів цих множин;
3. ймовірносно-невизначений, при якому елементи множини відомі, але невідомі їхні розподіли ймовірностей;
4. дифузійно невизначений, при якому невідомі повністю або частково елементи множини і немає повної інформації про їхні ймовірності.

При наявності інформації третього й четвертого рівнів методи рішення завдань є найменш інформаційно забезпеченими (високий ступінь невизначеності), як з погляду кількісних характеристик надійності, так і з погляду можливої невизначеності структури системи, що характерно для виробів АТ на стадіях проектування й освоєння нової техніки.

Деякою мірою це характерно й для етапу експлуатації АТ, у зв'язку з високою надійністю компонентів функціональних систем, проведеними доробками конструкцій виробів, низькою вірогідністю статистичної інформації: і при оперативному керуванні станом функціональних систем при ТО.

Формальна схема функціонування складних об'єктів експлуатації вказує на необхідність декомпозиції всього комплексу факторів, що впливають на ефективність функціонування АТ, аналізу умов експлуатації й проведення ТО з метою встановлення можливих альтернатив рішення поставлених завдань.

Це визначає необхідність рішення наступних завдань:

- розробку методів оцінки вартісних витрат на реалізацію кожної альтернативи, тобто побудова вартісних моделей процесу;
- розробку методів рішення завдань за умови високої невизначеності вихідної інформації;
- проведення розрахунків і їхній аналіз із метою вибору оптимальної альтернативи;
- розробку (визначення) умов реалізації оптимальної альтернативи в експлуатаційних підприємствах ЦА з урахуванням їх особливостей;
- збір, обробку й аналіз експлуатаційної інформації.

Крім того, формування оптимальних режимів ТО (як завдання вибору оптимальної альтернативи забезпечення заданої безвідмовності функціональних систем АТ) вимагає розробки як мінімум двох моделей: моделі функціонування виробів (на основі якої формується оптимальний регламент ТО) і моделі процесу їхнього відновлення (на основі якої управляють технологічними процесами ТО). Ці моделі повинні бути взаємозалежні таким чином, щоб цільова функція моделі процесу відновлення була аргументом функції, що описує процес функціонування систем АТ.

Розмаїтість видів відмов і ушкоджень виробів АТ не дозволяє звести рішення до одного універсального методу, що спричиняється необхідність застосування різноманітних моделей функціонування, а, отже, потрібна розробка множини взаємозалежних пар моделей.

При реалізації оптимальних режимів ТО важливого значення набувають також питання керування виробничими процесами із урахуванням специфіки авіапідприємств, парку об'єктів експлуатації, розкладу й ін., що в значній мірі впливає на економічні показники.

У міру нагромадження статистичної інформації, конструктивного вдосконалення виробів АТ, впровадження сучасних засобів ТО варто передбачити корегування обсягу й періодичності проведення ремонтних робіт.

При прийнятті науково-обґрунтованих рішень по вдосконалюванню й плануванню експлуатаційного обслуговування виробів АТ необхідна наявність значного обсягу інформації як про ступінь деградації функціональних властивостей виробів у часі й про витрати, пов'язаних із проведенням ТО.

З ростом складності АТ, підвищенням вимог по забезпеченню безпеки польотів, впровадженням методів діагностування АТ, заснованих на аналізі зміни контрольованих параметрів, необхідністю вдосконалювання організації проведення регламентних робіт і ін., значно зріс обсяг необхідної для керування процесами ТО інформації, обробка й аналіз якої в оперативному порядку можливий тільки з використанням ЕОМ.

Таким чином, метою дійсних досліджень є розробка автоматизованій інформаційної системи керування ефективністю конструктивних розробок і оптимізації процесів технічного обслуговування виробів АТ.

Для вдосконалювання процесів проектування й експлуатації складних систем АТ з відновленням і досягненням рівня надійності функціональних систем, заданих у технічному завданні необхідно рішення наступних завдань:

1. Розробка моделей, методів, методик розрахунку надійності й оцінки рішень по підвищенню й оптимізації сукупності експлуатаційних властивостей виробів АТ в умовах невизначеності вихідної інформації.

2. Розробка методологію формування рекомендації з конструктивного вдосконалення виробів АТ і оптимізації процесів їх ТО, як для проєктованих, так і для серійних об'єктів експлуатації.

3. Розробка методи розрахунку техніко-економічної ефективності заходів, спрямованих на забезпечення льотної придатності АТ.

4. Реалізація методологію формування рекомендацій із забезпечення надійності виробів АТ на етапах проектування й експлуатації у вигляді автоматизованої системи.

3.2 Формалізація процесу функціонування складних систем повітряного судна

Побудова моделей складних систем (СС) з відновленням викликає необхідність проміжного етапу формалізації, що розглядає процеси із загальних формально-теоретичних позицій і фіксує в знаковій формі всі основні властивості й зв'язки в СС.

Процес функціонування СС можна представити через еволюцію її стану в часі:

$$H = \{S, P, W, V\},$$

де S – вектор структурної будови системи,

P – вектор стану елементів системи,

W – вектор стану середовища,

V – вектор керування.

Для дискретного опису процесу зміни стану системи $H(n)$ необхідно визначити послідовність зміни цих параметрів на кожному « n »+ i кроці процесу.

Процес $H(n) \rightarrow H(n+1)$ зміни стану й керування $V(n) \rightarrow V(n+1)$ системи на $n+1$ кроці представляються рядом послідовних відображень:

$$\bar{P} : \{P(n), S(n), W(n), V(n), \Delta t(n)\} \rightarrow P(n+1)$$

$$\bar{W} : \{W(n), P(n+1), \Delta t(n)\} \rightarrow W(n+1)$$

$$\bar{S} : \{P(n+1), S(n), W(n+1), V(n), \Delta t(n)\} \rightarrow S(n+1)$$

$$\bar{V} : \{P(n+1), S(n+1), W(n+1), V(n), \Delta t(n)\} \rightarrow V(n+1)$$

$$\Delta \bar{t} : \{P(n+1), S(n+1), W(n+1), V(n+1), \Delta t(n)\} \rightarrow \Delta t(n+1)$$

де $\bar{P}, \bar{S}, \bar{W}, \bar{V}, \Delta \bar{t}$ – оператори, що реалізують зміни відповідних векторів.

Отримана математична схема відбиває структурні й функціональні закономірності розвитку в СС й може бути основою її формально-теоретичного опису, предметом аналізу й основою побудови математичних моделей.

Щоб загальна формальна схема стала інструментом дослідження, необхідно синтезувати в ній механізм цілеспрямованої роботи елементів системи. При виборі керуючих впливів необхідно відбити всі ті основні властивості реальної системи керування, які піддаються формалізації. Це функціональна структура підсистем,

взаємозв'язок елементів і їхні об'єктивні характеристики, а також ті принципи й умови, які потрібно брати до уваги при прийнятті рішень у реальній системі.

Однієї з основних особливостей у реальній експлуатації є наявність неповної інформації, тобто ухвалення рішення у всіх ланках керування відбувається в умовах різного ступеня невизначеності, що істотно впливає на якість рішень. При цьому наявність невизначеності визначається як відображення \bar{R} реального стану H в інформаційної образ системи H^R : $\bar{R}: \{H\} \rightarrow H^R$, де $H^R: \{S^R, W^R, P^R\}$. Оператор відображення \bar{E} , реалізує аналіз і узагальнення наявної інформації й визначає гіпотезу про стан системи $\bar{E}: \{H^R, J\} \rightarrow H^J$, де $J = \{J_i(r_i)\}$ – інформованість про елементи системи та їхнього взаємозв'язку – r_i .

Таким чином, послідовність відображень $\bar{R}, \bar{E}: \bar{R}: \{H\} \rightarrow H^R, \bar{E}: \{H^R, J\} \rightarrow H^J$ визначає на основі наявної інформації передбачуваний стан системи, на основі якого вибирають рішення $\bar{C}: \{H^J, V_0\} \rightarrow V_i$, де V_0 – координуючий, директивний керуючий вплив (наприклад, вимоги CS-25).

Вибір виробляється по різних варіантах декомпозиції та зі всіх альтернатив вибирається оптимальний варіант. Схема дає загальну ідею побудови формальної теорії синтезу керувань і дозволяє будувати практичні методи математичного моделювання СС. Вибір критеріїв і обмежень відповідає вибору факторів і характеру дій, за допомогою яких досягається виконання завдань.

Принципова залежність керуючих впливів від вірогідності гіпотез відбиває найважливішу властивість системи керування – адаптацію, як засіб дозволу невизначеності. Це властивість систем керування робить їх гнучкими, чутливим інструментом керування будь-якої СС.

При експлуатації АТ виникають два взаємно протилежних процеси: процес зміни ТС об'єктів експлуатації, внаслідок зношування й фізико-хімічних змін структури елементів при їхньому функціонуванні й процес відновлення ТС АТ при ТО. Таким чином, ТС виробів АТ визначається конструктивними особливостями, умовами й режимами їхнього використання по призначенню і якістю керування технічним станом у процесі ТО.

Виконання ТО ПС та його компонентів містить у собі комплекс діагностичних, профілактичних і ремонтних впливів на об'єкт різного виду, обсягу й періодичності, що забезпечує необхідні показники надійності й ефективності використання АТ при відповідних витратах на ТО.

Керування обсягом, видами й періодичністю виконання робіт за умови забезпечення заданого рівня працездатності виробів АТ з метою мінімізації витрат є оптимізаційним завданням. При оптимізації ТО необхідно виходити з конструктивних і експлуатаційних властивостей виробів АТ.

Повний обсяг робіт по ТО становить множину Q , що розбивається на ряд підмножин Q_i – види ТО (оперативні, трудомісткі, ремонти), що відрізняються множиною контрольованих параметрів – P_i , характером робіт з ТО й періодичністю їхнього виконання. Основні роботи виконуються багаторазово й включають:

- безперервний контроль ТС виробів у процесі по параметрам P_H ;
- проведення робіт із забезпечення вильоту Q_B й контролю ТС по параметрах P_{II} ;
- періодичний контроль ТС ПС по параметрам $P_{P1}; P_{P2}; \dots P_{Pi}; \dots P_{Pk}$ і проведення профілактико-відновлювальних робіт після відпрацювання виробів певних наробітків $\Delta t_{p1}; \Delta t_{p2}; \dots \Delta t_{pi}; \dots \Delta t_{pk}$ або тривалості експлуатації $\Delta \tau_{pi}$ в обсязі Q_{pi} .

Капітальний ремонт виробу ПС проводиться після відпрацювання міжремонтного ресурсу R або (відмов виробів) в обсязі Q_{Ri} .

Складні системи АТ у процесі експлуатації утворюють чисельну множину станів $H = \{H_0 H_1 H_2 \dots H_q\}$, де H_0 – підмножина працездатних станів, H_q – непрацездатний стан. Проміжні стани $H_j (j = 1, q - 1)$ викликаються відмовами окремих елементів або їхніх сукупностей, які знижують ефективність роботи системи, але не викликають втрати їхньої працездатності.

Повний контроль для всіх станів H становить множину $P_N = \{P_1 P_2 \dots P_N\}$, однак здійснити глобальну перевірку не завжди можливо та доцільно, у зв'язку із чим використають систему перевірок P_i за певними параметрами $(P_{II}; P_B; P_{Pi})$.

Для здійснення керування процесом зміни властивостей і характеристик об'єктів експлуатації необхідно визначити можливі керуючі впливи $V = \{V_1, V_2 \dots V_N\}$ – вектор керуючих впливів і оптимізувати організацію їхнього проведення при заданих обмежень для одержання необхідних значень вихідного вектора H^T при мінімальних експлуатаційних витратах. Слід зазначити, що у відомих моделях оптимізації повноти й періодичності профілактичних заходів щодо керування станом складних об'єктів експлуатації до тепер не завершена розробка методу багатопараметричній оптимізації. При розробці регламентів ТО АТ номенклатура заходів щодо керування станом СС визначається в значній мірі експертно й здійснюється в наступній послідовності:

1. Вивчається специфікація виробу з погляду його ТО (призначення, умови експлуатації, структура систем, часовий режим експлуатації, вимоги до виробу, ремонтпридатність його елементів, працевитрати й ін.).
2. Виріб розбивається на складові частини й вузли – замінні або ті що ремонтуються цілком.
3. Аналізуються можливі відмови й несправності з погляду їхніх попереджень при ТО.
4. Для кожного вузла (елемента системи) становлять перелік і види робіт з ТО (перевірка, змащення, регулювання, заміна вузла й т.п.), визначають необхідні інструменти, прилади, пристосування, установки й ін.
5. Вибирають розрахункові схеми, точно й спрощені розрахункові формули.
6. Становлять робочу методику збору даних.
7. Здійснюють збір необхідної інформації для розрахунку ТО по аналогах виробів.
8. Установлюють періодичність всіх робіт з ТО для кожного вузла (елемента) окремо.
9. Роблять угруповання робіт зі строків їхнього проведення (становлять ремонтний цикл).
10. Становлять нормативи по ТО.
11. Розробляють інструкції з ТО виробу.

Інструкції для експлуатації виробів АТ розробляють на етапі проектування, коректують після випробувань перших виробів і уточнюють у процесі експлуатації в міру нагромадження досвіду експлуатації й модернізації виробів. При розробці нових виробів обмовляють ряд вимог: максимальне число крапок змащення, мінімальні строки заміни основних вузлів, максимальна трудомісткість ТО як вузлів, так і машин.

У відповідності зі стандартом на експлуатаційну документацію передбачене відбиття таких важливих для грамотної експлуатації виробів питань, як перелік перевірок ТО виробу, методика їхнього здійснення, перелік спеціального устаткування (стендів, приладів, інструментів), перелік можливих несправностей і методів їхнього попередження або усунення.

Для керування технологічними процесами ТО виробів АТ необхідно вказувати тривалість виконання тієї або іншої операції і її трудомісткість, що дозволяє оперативно управляти чисельністю обслуговуючого персоналу з обліком усього різноманіття виробів, що перебувають на ТО в цей момент часу.

При рішенні питань розрахунку обсягу й періодичності ТО виріб розділяють на такі складові частини, по яких можна підібрати аналоги. При цьому збирають і аналізують дані по надійності й ТО вузлів-аналогів. На цій стадії розробки виробів використовують розрахунки на ресурс, дані випробувань окремих вузлів і експертну оцінку. Експертна оцінка широко використовується також при певному обсязі й періодичності ТО вузлів, по яких немає аналогів.

У процесі експлуатації досвідчених і серійних виробів АТ збирають інформацію про фактичний обсяг робіт по ТО, фактичні показники надійності, характер та причини відмов елементів і їхніх наслідків, вартості й трудомісткості виконання робіт з ТО. На основі цих статистичних даних уточнюють перелік і періодичність ТО, корегують нормативи та інструкції для експлуатації.

З ростом складності виробів АТ, необхідність подальшого вдосконалювання, зв'язаної як з поліпшенням конструкцій АТ як і з організацією ТО, значним об'єктом експлуатаційної інформації та інші рішення питань керування процесами ТО, без ЕОМ неможливо.

3.3 Методологія побудови моделей керування процесом забезпечення льотної придатності повітряного судна та оптимізації режимів його технічного обслуговування

Аналітичні методи рішення завдань оптимізації ТО складних об'єктів експлуатації у вигляді математичних виражень, що зв'язують показники надійності систем з її параметрами, дозволяють досліджувати вплив на ці показники різних факторів у загальному виді. Ці моделі дозволяють ефективно досліджувати системи щодо невеликої складності при досить твердих обмеженнях на типи законів розподілу випадкових величин, що характеризують надійнісні властивості компонентів системи. При цьому враховується лише невелика частина факторів, що впливають на надійність виробів АТ в умовах експлуатації. Перехід до аналітико-машинних методів, розрахованих на застосування ЕОМ, значно розширює клас розв'язуваних завдань. В роботі використовується для опису властивостей, характеристик і особливостей виробів АТ метод «цифрової імітації».

Принциповою цінністю даного методу є можливість дослідження ефективності використання виробів АТ на стадії їхнього технічного проектування, на основі якого можна визначити найбільш раціональні шляхи конструктивного вдосконалення виробів і здійснити найбільш близький вибір до оптимального режиму їхнього технічного обслуговування.

Для виділення певного конструктивного елемента системи з множини інших елементів кожному елементу повідомляється формальна відмітна ознака – код. Код елемента може мати вигляд як цифрового так і буквено-цифрового ідентифікатора.

Використання коду рівносильне задаванню множини відомостей про характеристики й властивості елементів систем, а також про номенклатуру, структурне розташування елементів, що утворюють складну систему. Множина факторів записується в зовсім певній послідовності, створюючи впорядковану множину – кортеж: $Y = \langle x_1 x_2 \cdots x_n \rangle$. Використання кортежу зручно для запису

інформації про об'єкт при автоматизованому рішенні практичних завдань, тому що кожен компонент кортежу займає в ньому зовсім певне положення, що дозволяє досить ощадливо робити запис інформації і її пошук.

Принциповою цінністю використання даного методу є те, що можна заздалегідь досліджувати фактори (проблеми) до створення виробів АТ, розробити вимоги до конструкції й системи ТО більше близькі до оптимального.

Характеристики надійності виробів АТ (комплектуючі елементи) є вихідними для забезпечення або оцінки надійності функціональної системи ПС у цілому.

Одержання повних характеристик надійності елементів систем вимагають великої кількості інформації, що не завжди можливо одержати, а в більшості випадків, що зустрічаються на практиці, у цьому немає й необхідності.

Визначимо мінімум відомостей, необхідний для проведення робіт із забезпечення надійності виробів АТ, поставлених у даному дослідженні.

Для формування короткої комплексної характеристики експлуатаційних властивостей виробів АТ виділимо « n » ознак. Кожній ознаці поставимо у відповідність « m » станів. Тоді комплексну характеристику експлуатаційних властивостей виробу можна представити у вигляді: $V_K = \{x_1^{i_1}, x_2^{i_2}, \dots, x_j^{i_j} \dots x_n^{i_n}\}$, де $i_j \begin{pmatrix} j=1 \div n \\ i=1 \div m \end{pmatrix}$ – станів j ознаки. На рисунку 3.1 наведено приклад кодування властивостей виробу АТ.



Рисунок 3.1 – Приклад кодування властивостей об'єкту експлуатації

Загальне число можливих характеристик надійності виробів АТ обчислюється в тому випадку тисячами, кожної з яких відповідає та або інша стратегія експлуатаційних впливів і оптимальний режим ТО.

З умов організації ТО АТ і економічної реалізації на практиці оптимальний режим ТО для кожного виробу неможливий. Практично можна виділити невелике число форм ТО й визначити для кожної форми перелік виробів АТ, що підлягають ТО. При цьому будуть втрати, які можуть бути визначені ступенем відхилення оптимальних режимів ТО від можливих реалізацій на практиці.

Якщо визначити оптимальні «базові» властивості й характеристики «ідеальних» виробів і відповідні їм стратегії ТО: $V_B = \{B_1^{i_6}, B_2^{i_6}, \dots, B_n^{i_6}\}$, та на основі порівняння й оцінки ступеня відхилення характеристик виробів АТ від базових векторів можна вирішити ряд поставлених завдань.

Аналіз основних принципів проектування технічних пристроїв і досвіду їхньої експлуатації дозволяє встановити певні логічні правила конструювання виробів АТ, які виражаються в раціональному сполученні певних характеристик і експлуатаційних властивостей виробів, що дозволяють найбільше ефективно їх використати в експлуатації.

Застосування цих правил і їхня формалізація дозволить встановити раціональний порядок проектування технічних пристроїв або проведення доробок на основі аналізу досягнутих значень визначальних характеристик і визначення вимог до інших експлуатаційних факторів даного виробу, що забезпечує оптимальні (або близьке до оптимального) їхній сполучення.

Такий підхід для прийняття відповідальних рішень дозволяє сполучити оптимізацію із прогнозуванням, при цьому безпосередньо прогнозуються не параметрами моделі, а входні дані в математичну модель, що служить для визначення оптимального сполучення властивостей об'єкта експлуатації. Приймаючи цю гіпотезу, питання «які будуть параметрами об'єкта?» заміняємо питанням «які повинні бути параметри?», що дозволяє два окремі завдання – прогнозування й оптимізація – звести до одного загального завдання. Очевидно, що при сполучення безпосереднього прогнозування з оптимізацією з'являються

можливості активно й ефективно управляти якістю виробів АТ відповідно до прийнятої цільової функції замість пасивного спостереження за його зміною в минулому при прогнозуванні методом екстраполяції. Важливо відзначити, що таке сполучення відкриває можливість оперативно й більш розумно використати передовий досвід. Передовий досвід відбивається, головним чином, у вхідних даних і тому він розглядається як можливий варіант і коректується відповідно до конкретних обмежень і цільовою функцією.

При побудові вартості моделей безпосередньо прогнозуються лише ефект і обмеження як функція базових параметрів моделей стану виробів АТ. Необхідні витрати для досягнення мети оцінюються конструктором, тому що ці витрати визначаються науково-технічними рівнем розробок, станом виробництва й ін. Використання базових моделей стану об'єктів експлуатації дозволяє вказати:

- зміну ефектів від експлуатації виробів при можливих змінах параметрів комплектуючих елементів;
- можливу (доцільну) область зміни кожного складової властивості об'єкта;
- граничні (доцільні) значення властивостей виробів;
- перевірити допустимість деяких обмежень при оптимізації й ін.

У загальному випадку цільова функція має вигляд:

$$\Omega = \Omega \{x_1^{i_1}, x_2^{i_2}, \dots, x_n^{i_n}, B_1^{i_6}, B_2^{i_6}, \dots, B_n^{i_6}\}$$

При зміні параметрів об'єктів у часі: $V_k(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)\}$, цільова функція також залежить від часу. Ефект від експлуатації виробів при можливій зміні властивості визначається виразом: $E = f_E \sum_{j=1}^n [x_j^i(t) - B_j^i(t)]; \quad j = \overline{1 \div n}$.

Одним з методів визначення значень невідомих показників складається у використанні апіорних інтервальних оцінок цих показників з наступним обчисленням апостеріорних оцінок у міру нагромадження інформації.

Таке послідовне рішення завдань залежно від точності й вірогідності доступної інформації лежить в основі адаптивного процесу керування конструктивними розробками, формування й корегування процесу ТО ПС.

Критерій оптимізації «К» вибирається з умови забезпечення мінімуму питомих витрат, зв'язаних з експлуатацією виробів, або максимум ефекту на одиницю витрат:

$$K = \frac{E(T)}{C(T)} = \frac{\int_0^T \gamma(t) dt}{\sum_{i=1}^k m_i \beta_i \dots t_i + \sum_{j=1}^l n_j \varepsilon_j \dots t_j}, \quad (3.1)$$

де $E(T)$ і $C(T)$ – відповідно сумарний ефект і витрати за час експлуатації;

$\gamma(t)$ – миттєве значення ефекту від використання виробу;

k – кількість видів робіт з ТО;

m_i – кількість робіт з обслуговування i -го виду;

β_i – середні витрати за одиницю часу при проведенні i -го виду роботи;

l – кількість причин простоїв;

n_j – кількість простоїв по j -причині;

ε_j – середній збиток за одиницю часу простою по j -й причині;

t_j – середня тривалість простою по j -й причині.

t_i – середня тривалість проведення i -го виду роботи з ТО;

Покажемо, що критерій оптимізації – максимум ефекту на одиницю витрат, необхідних для його досягнення, є загальним стосовно наступних критеріїв оптимізації: мінімум сумарних витрат, мінімум питомих витрат, зв'язаних з експлуатацією пристрою, максимум коефіцієнта технічного використання і максимум коефіцієнта готовності. Якщо пристрій призначений для задоволення фіксованих потреб [$E(T) = \text{const}$], то з формули (3.1) випливає, що критерієм оптимізації є мінімум сумарних витрат, зв'язаних з експлуатацією пристрою.

Якщо прийняти математичне очікування миттєвого значення ефекту від експлуатації пристрою не залежним від часу і рівним одиниці [$\gamma(t) = 1$], то критерієм оптимізації відповідно до вираження (3.1) є мінімум питомих витрат, зв'язаних з експлуатацією пристрою.

Якщо крім умови $\gamma(t) = 1$, також прийняти рівним одиниці середні витрати за одиницю часу при проведенні i -го виду робіт з обслуговування і середній збиток

за одиницю часу простою по i -й причині або збиток від невиконання конкретного завдання ($\beta_i = \varepsilon_j = 1$), то вираз (3.1) буде представляти відношення часу експлуатації пристрою до сумарного часу простою. Таким чином, у цьому випадку критерієм оптимізації є максимум коефіцієнта технічного використання.

Якщо виконуються умови $\gamma(t) = 1$, середні витрати за одиницю часу при проведенні всіх непланових видів робіт з обслуговування і середній збиток за одиницю часу простою по всіх непланових причинах рівним одиниці, а середні витрати за одиницю часу при проведенні всіх планових видів робіт і середній збиток за одиницю часу простою по всіх планових причинах дорівнюють нулеві, то вираз (3.1) буде представляти відношення часу експлуатації пристрою до сумарного часу змушеного простою. Таким чином, у цьому випадку критерієм оптимізації є максимум коефіцієнта готовності.

Дані міркування дозволяють зробити висновок, що даний критерій оптимізації включає окремі випадки найбільш розповсюджених з використовуваних у даний час критеріїв оптимізації (коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання, питомі витрати, мінімум сумарних витрат).

На рисунку 3.2 наведено взаємозв'язок коду виробу з критерієм оптимізації.

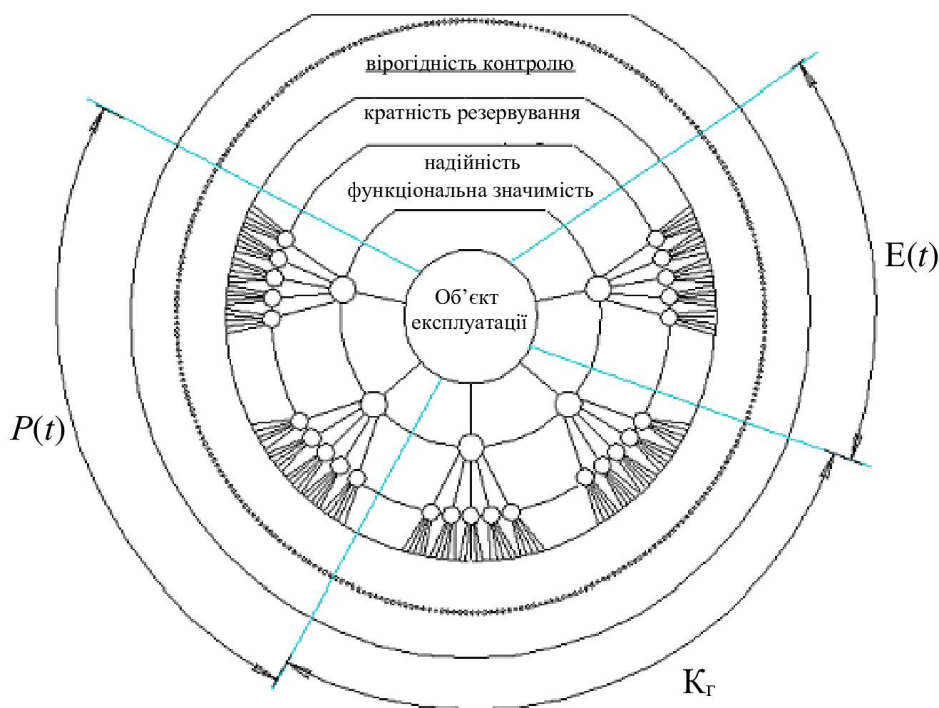


Рисунок 3.2 – Зв'язок коду виробу з критерієм оптимізації

Розробка автоматизованої інформаційної системи керування на основі запропонованої методології, вимагає виконання наступних основних етапів науково-дослідної роботи:

1. Обґрунтування номенклатури факторів, що визначають стратегію й режим ТО виробів АТ.
2. Визначення інтегральних границь кожного з визначальних факторів, залежно від ступеня невизначеності їхніх значень.
3. Розробка алгоритмів кодування сукупності властивостей виробів АТ.
4. Вибір і обґрунтування базових моделей стану об'єктів експлуатації.
5. Визначення головних компонентів для кожного сполучення факторів і характеру їхньої зміни.
6. Розробка методології й алгоритму розрахунку вибору оптимальних режимів ТО для базових моделей стану виробів АТ.
7. Розробка алгоритму рішень для кожної групи факторів (станів).
8. Розробка алгоритмів і програм формування регламентів ТО АТ.
9. Розробка алгоритмів і програм формування рекомендацій з конструктивного вдосконалювання об'єктів експлуатації.
10. Обґрунтування обсягу необхідної інформації для проведення коректування регламентів ТО, розробка алгоритмів і програм її здійснення.

Реалізація цього підходу на практиці дозволить забезпечити цілеспрямованість керуючих впливів, що сприяють підвищенню якості ТО и ефективність використання АТ в експлуатації.

3.4 Імітаційне моделювання процесів технічного обслуговування повітряного судна та його компонентів

Аналіз програм ТО надає можливість оцінювати вплив різноманітних складових процесу ТО на ефективність використання ПС за допомогою такої залежності [28]: $K_{\text{вих}} = (1 - K_{\text{д}}) / (1 + L_1 + L_2 + L_3)$, де L_1 – питомі простої у рейсі, л/годин. нал.; L_2 – питомі простої при усуненні відмов, л/годин. нал.; L_3 – питомі простої при ТО, л/годин. нал.; $K_{\text{д}}$ – простої через організаційні причини у

відсотках від річного фонду часу.

Характер змінення коефіцієнту використання для різних структур регламенту надані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Зміна $K_{\text{вик.}}$ через структури регламенту

Коефіцієнт використання $K_{\text{вик}}$				
Варіант	Річний наліт, годин	Ресурс, годин	Наліт за добу, годин	Коефіцієнт використання
1	2100	7000	5.75	0.228
2	2700	9000	7.39	0.285
3	3600	12000	9.86	0.342

Як показує аналіз структури простоїв ПС за кілька років значення простоїв через організаційні причини складають $K_d = 0,1 - 0,2$. Тому, для оцінки впливу питомих простоїв у рейсі на питомі простої на ТО ($K_{\text{то}} = L_3$), відновлення працездатності ($K_{\text{вр}} = L_2$) в залежності від сумарних простоїв через організаційні причини проведено в діапазоні $K_d = 0 \div 0,2$. Без урахування питомих простоїв під час виконання лінійного ТО значення $K_{\text{пр}}$ прийме вигляд, наданий на рисунку 3.3, а характеристики наведені в таблиці 3.2.

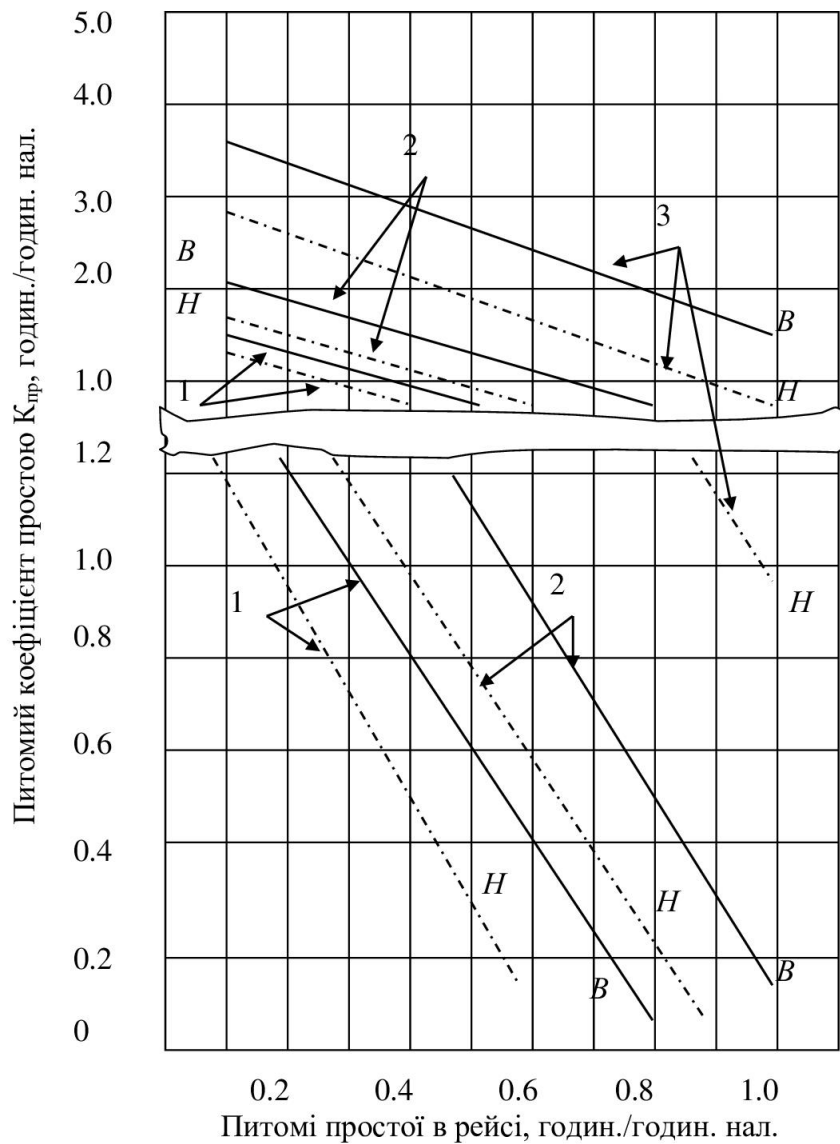
Таблиця 3.2 – Характеристики різноманітних варіантів регламенту ТО

Варіант	Річний наліт, годин.	Ресурс, годин.	Наліт за добу, годин.	Коефіцієнт використання, $K_{\text{вик}}$	Коефіцієнт простою $K_{\text{пр}}$		
					$K_d = 0.2$	$K_d = 0.1$	$K_d = 0$
1	2100	7000	5,75	0,228	1,5-3,3	0,95-2,75	2,51-4,31
2	2700	9000	7,39	0,285	0-1,6	0,15-1,95	0,5-2,3
3	3600	12000	9,86	0,342	0,13-1,13	0,03-1,43	0,1-1,7

Для забезпечення відповідних програм ТО необхідна середня тривалість типового польоту (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Змінення $K_{\text{пр}}$ в залежності від $K_{\text{вик.}}$

Варіант	Річний наліт, годин.	Ресурс, годин.	Наліт за добу, годин.	Коефіцієнт використання, $K_{\text{вик.}}$	Наліт на посадку, годин	Коефіцієнт простою, $K_{\text{пр}}$	
						$K_d = 0.2$	$K_d = 0.1$
1	2100	7000	5,75	0,228	1-3	1,5-3,3	0,95-2,75
2	2700	9000	7,39	0,285	2-4	0-1,6	0,15-1,95
3	3600	12000	9,86	0,342	3-6	0,13-1,13	0,03-1,43



1 – $K_u = 0,342$ (наліт 3600 л. годин.); 2 – $K_u = 0,285$ (наліт 2700 л. годин.);
 3 – $K_u = 0,228$ (наліт 2100 л. годин.); $H - K_d = 0,2$; $B - K_d = 0,1$.

Рисунок 3.3 – Діапазон змінення питомих простоїв на ТО та відновлення працездатності (без питомих простоїв на лінійному ТО)

Діапазон змінення коефіцієнту простою $K_{пр}$ в залежності від коефіцієнту використання $K_{вик}$ наданий на рисунку 3.4. Коефіцієнт простою на ТО $K_{то}$ та відновлення працездатності $K_{вр}$ (таблиця 3.4). Отримані діапазони $K_{то}$ та $K_{вр}$ (таблиця 3.2) надають можливість визначити середньо збільшене значення $K_{то}$ й $K_{вр}$ для різних $K_{вик}$ (таблиця 3.5).

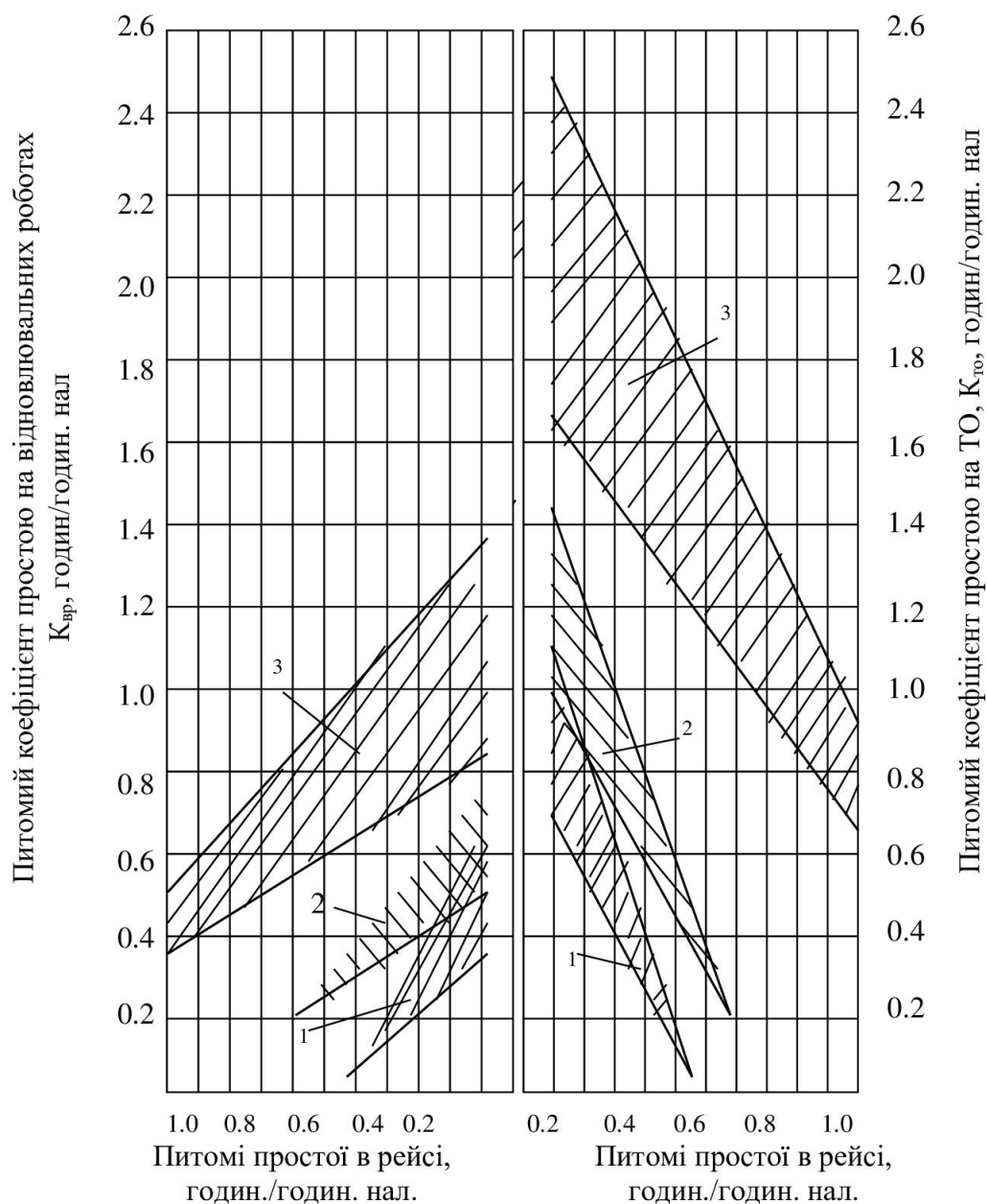


Рисунок 3.4 – Діапазон зміни коефіцієнтів простою на ТО та відновлю ванні працездатності $K_{вр}$ для різних коефіцієнтів використання

Таблиця 3.4 – Діапазон зміни коефіцієнту простою $K_{пр}$ для різних співвідношень $K_{то}$ й $K_{вр}$

Коефі- цієнт викорис- тання	Наліт, годин.	Коефіцієнт простою $K_{пр}$							
		нижня межа				верхня межа			
		$K_{д} = 0,2$		$K_{д} = 0,1$	$K_{д} = 0,2$		$K_{д} = 0,1$		
		$K_{вр}$	$K_{то}$	$K_{вр} = K_{то}$	$K_{вр}$	$K_{то}$	$K_{вр}$	$K_{то}$	
0.342	3600	0,065-0,65	0,065-0,65	0,1-0,72	0,033-0,283	0,097-0,848	0,007-0,357	0,022 -1,07	
0.285	2700	0,1-0,8	0,1-0,8	0,075-0,98	0,05-0,4	0,15-1,2	0,038-0,488	0,113-1,46	
0.228	2100	0,48-1,38	0,48-1,38	0,75-1,65	0,24-0,69	0,71-2,05	0,375-0,825	1,125-2,475	

Таблиця 3.5 – Середньозважене значення $K_{\text{то}}$ й $K_{\text{вр}}$ для різних $K_{\text{вик}}$

Коефі- цієнт використ ання	Наліт, годин.	Коефіцієнт простою К _{пр}						
		К _{то}		К _{вр}		Середнє значення		К _{то} /К _{вр}
		Нижня межа	Верхня межа	нижн.	верхн.	К _{то}	К _{вр}	
0.342	3600	0,12	0,72-1,1	0,15	0,357-0,65	0,625	0,38	1,65
0.285	2700	0,075	0,98-1,46	0,2	0,4875-0,8	0,82	0,48	1,71
0.228	2100	0,275	1,65-2,475	0,2	0,825-1,38	1,42	0,825	1,72

До того ж, отримані дані надають можливість визначити тривалість кожної конкретної форми ТО виходячи із залежності:

$$K_{\text{то}} = \frac{nW_{\text{пит}}}{K_y} f_k,$$

де n – кількість об'єктів експлуатації;

K_y – потужність зміни;

$W_{\text{пит}}$ – питома трудомісткість виду ТО, нормо-годин/годин. нальоту;

f_k – характеристика структури регламенту.

Розглядаючи $nW_{\text{пит}}/K_y$ як постійний коефіцієнт, що характеризує експлуатаційне підприємство з точки зору перепускної здатності, можна побудувати залежності для визначення питомих простоїв на ТО для різних структур регламенту. Наприклад, при структурі регламенту – ФБ, Ф1, Ф2, Ф3:

$$K_{\text{то}} = \frac{nW_{\text{пит}}}{K_y} f_k \left[\frac{6K_6 - 8}{6K_6} + \frac{K_6}{6} + \frac{K_2}{6} + \frac{K_3}{6} \right].$$

Після нескладних перетворень й приймаючи $t_b = 12$ годин (максимальна періодичність ФБ), отримаємо: $K_{\text{то}} = n \left[\frac{6K_6 - 8}{6K_6 T_6} 12 + \frac{2\Delta t_1}{6K_6 T_6} + \frac{2\Delta t_2}{6K_6 T_6} + \frac{2\Delta t_3}{6K_6 T_6} \right]$.

Дослідивши цю залежність можна визначити тривалість простою на кожній з форм ТО, які передбачені регламентом. Здобута таким чином тривалість i -их видів робіт в технологічній зоні для різних виробів має бути пов'язана співвідношенням: $T = T_{ij}(n+m) + T_i + T_{\text{сер}} + T_y P(t_i=t_i)n + T_j + T_{\text{сер}} + T_y P_j(t_j=t_j)m$, де T – тривалість роботи при певній періодичності; T_{ij} – трудомісткість допоміжних робіт; $T_{i,j}$ – тривалість допоміжної роботи, яка властива кожній з i -ї або j -ї роботи;

$T_{сери}$ – середня трудомісткість виконання i -ї роботи; T_{yij} – трудомісткість роботи по усуненню відмови; P_{ij} – ймовірність виявлення несправності за допомогою роботи i -го або j -го виду.

Це співвідношення повинно вдовольняти умові $T < t_{\phi i}$, де $i = 1, \dots, N$ – кількість форм ТО, які передбачені регламентом; $t_{\phi i}$ – тривалість виконання форми ТО, який був отриманий на основі значень показника $K_{то}$.

В свою чергу коефіцієнт простою на ТО характеризується виразом:

$$K_{то} = \frac{L_3}{H} = \frac{1}{H} [n_6 \cdot \Delta t_6 + n_1 \cdot \Delta t_1 + n_2 \cdot \Delta t_2 + n_3 \cdot \Delta t_3]$$

Кількість відповідних форм ТО для кількості літаків n та нальоту на середньообліковий літак H_c визначається як:

$$n_3 = n \cdot H_c / \Delta T_3, \quad n_2 = (n \cdot H_c / \Delta T_2) - (n \cdot H_c / \Delta T_3), \quad n_1 = (n \cdot H_c / \Delta T_1) - n_2 - n_3, \\ n_6 = (n \cdot H_c / \Delta T_6) - n_1 - n_2 - n_3$$

де $\Delta T_6, \Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3$ – періодичність виконання форм ТО;

n_1, n_2, n_3, n_6 – кількість відповідних форм ТО;

H_c – наліт на середньообліковий літак.

Тривалість простою за формою ТО залежить від:

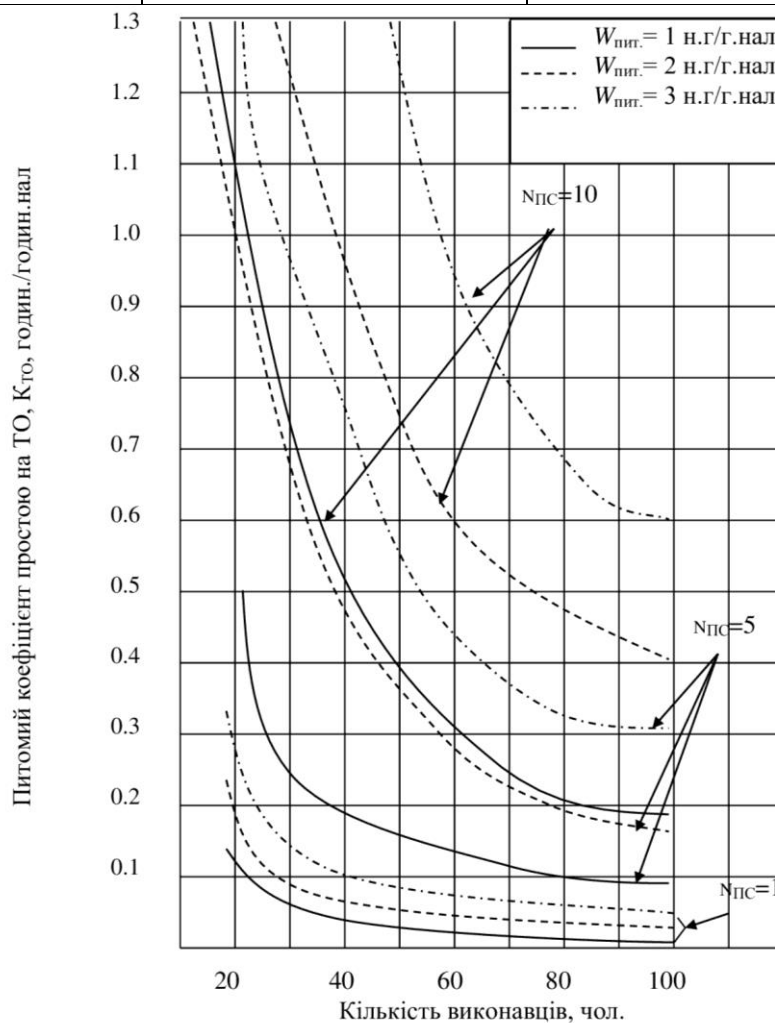
- питомого нормативного простою (питомої трудомісткості ТО), $W_{пит}$, нормо-годин./годин нал;
- потужності зміни (бригади) ТО, $M_{см}$, нормо-год.;
- питомих календарних простоїв за зміну на ТО, нормо-годин./год.,

Таким чином, отриманий вираз надає можливості установити залежність між питомими простоями на ТО, кількістю об'єктів експлуатації при заданій питомій трудомісткості регламенту ТО $W_{пит}$ й питомими простоями за зміну на ТО $K_{упр}$ (або ж потужності зміни як функції від кількості виконавців) та структурою регламенту – показник K_6 .

Залежність між кількістю виконавців, потужністю зміни й питомими простоями за зміну надана в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Співвідношення між кількістю виконавців у зміні й питомими простоями за зміну

Кількість виконавців, чол.	Потужність зміни, нормо-годин.	Питомий простой за зміну, нормо-годин/годин.
20	253	21,08
25	316,25	26,4
30	379,5	33
35	442,75	36,9
40	506	42,6
45	569,25	47,4
50	632,5	52,7
60	759	63,25
70	885,5	73,8
80	1012	84,3
100	1265	105,4



$$K_B = 2; T_2/T_1 = 3; T_3/T_2 = 2; T_B = 150$$

Рисунок 3.5 – Залежність коефіцієнту простою $K_{то}$ від кількості технічного персоналу, питомої навантаженості ($W_{пит}$) й парку ПС ($N_{ПС}$) для РО с ФБ, Ф1, Ф2.

Розмір питомого нормативного простою на ТО (трудомісткість ТО) може бути визначено з відношення: $W_{\text{пит}} = W_n / H$, де H – наліт, годин; W_n – трудомісткість трудовитрати на ТО для забезпечення нальоту H годин, нормо-годин. Як показує аналіз процесу ТО $W_{\text{пит}}$ для різних типів ПС змінюється у діапазоні $W_{\text{пит}} = 1 - 3$. Задаючись питомою трудомісткістю ТО, структурою регламенту, кількістю об'єкту та потужністю зміни ТО, були отримані залежності $K_{\text{ТО}} = f(n, T_{\text{Б}}, n)$ (див. рисунок 3.5).

3.5 Методичні основи розробки автоматизованої системи управління процесом проектування та оптимізації режимів технічного обслуговування

Перспективи розвитку ЦА тісно пов'язані з надійністю функціональних систем ПС і впровадженням в експлуатацію прогресивних методів їх ТО.

Принциповою особливістю прогресивних методів ТО і ефективності їхнього застосування є істотна залежність від експлуатаційних властивостей виробів АТ, що включають безвідмовність, контролепридатність, експлуатаційну технологічність, довговічність і інше.

Забезпечення льотної придатності ПС та формування надійності виробів АТ є складним процесом, що залежить від технічних і організаційних факторів, що охоплюють етапи проектування, виробництва й експлуатації. Для забезпечення високої надійності виробів АТ необхідно управляти процесом її формування, впливаючи на його окремі етапи й контролюючи ефективність керуючих впливів.

Важливого значення набувають питання розробки методів об'єктивної оцінки рішень і створення економічного механізму керування надійністним проектуванням і станом АТ в експлуатації що забезпечує оптимальну надійність і високу ефективність використання об'єктів експлуатації. Відсутні в цей час методи оцінки збалансованості експлуатаційних властивостей виробів АТ, що сприяють реалізувати на практиці оптимальні стратегії й режими ТО. Рішення даних завдань на основі використання «машинних» методів і нового методологічного підходу й передбачається створенням автоматизованої системи.

Метою створення автоматизованої системи є керування ефективність конструктивних розробок і оптимізації процесів ТО виробів АТ, на основі

розробки економічно обґрунтованих цілеспрямованих рекомендацій з удосконаленням виробів АТ, що забезпечують впровадження оптимальних стратегій і режимів ТО. Основні завдання, що передбачається вирішувати на основі автоматизованої системи:

1. Обґрунтування номенклатури факторів, що визначають стратегію й режим ТО виробів АТ.
2. Визначення інтервальних границь кожного з визначальних факторів, залежно від ступеня невизначеності їхніх значень.
3. Розробка алгоритму кодування сукупності властивостей виробів АТ.
4. Вибір і обґрунтування базових моделей стану об'єктів експлуатації.
5. Визначення головних компонентів для кожного сполучення факторів і характеру їхньої зміни.
6. Розробка методики й алгоритму розрахунку вибору оптимальних режимів ТО для базових моделей стану виробів АТ.
7. Розробка алгоритму рішень для кожної групи факторів (станів).
8. Розробка алгоритмів і програм формування регламентів ТО АТ.
9. Розробка алгоритмів і програм формування рекомендацій з конструктивного вдосконалювання об'єктів експлуатації.
10. Обґрунтування обсягу необхідної інформації для проведення коректування регламентів ТО, розробка алгоритмів і програм її здійснення

На етапі проектування:

1. Теоретично обґрунтувати можливості виконання вимог по надійності її обліком економічних показників, заданих у технічному завданні на розробку функціональної системи.
2. Визначити варіанти схемно-конструктивної побудови складних систем із заданими характеристиками комплектуючих елементів на основі техніко-економічного розрахунку.
3. Оцінити збалансованість конструктивних рішень по кожному виробі АТ з урахуванням сукупності експлуатаційних факторів.
4. Ранжирувати заходи щодо підвищення надійності функціональної системи.

5. Визначити конструктивні заходи, що забезпечують економічність технічної експлуатації виробів АТ.

6. Здійснити вибір оптимальної системи контролю й діагностування виробів АТ.

7. Апріорно оцінити ефективність доробок на основі можливості її реалізації в експлуатації (без обліку скорочення числа замін виробів і вартості запасних частин).

На етапі експлуатації:

1. Здійснити вибір оптимальних стратегій і режимів ТО виробів АТ.
2. Формувати регламенти ТО ПС.
3. Розробляти рекомендації із забезпеченні експлуатаційних властивостей об'єктів експлуатації.

4. проводити коректування режимів ТО при доробках.

5. Здійснити впровадження нових методів ТО АТ.

6. Управляти технологічними процесами ТО.

7. Автоматизувати облік і ведення експлуатаційної документації.

8. Ураховувати регіональні особливості експлуатації АТ.

Структурна схема функціонування автоматизованої системи представлена на рисунку 3.6 і повинна складатися з наступних блоків (рисунок 3.7):

1. Блок одержання вхідної інформації.

2. Блок складання моделі виробу.

3. Блок складання цільових функцій.

4. Блок обчислювальних процедур.

5. Блок оцінки моделі оптимізації.

6. Блок прийняття рішень відповідно до цільових завдань.

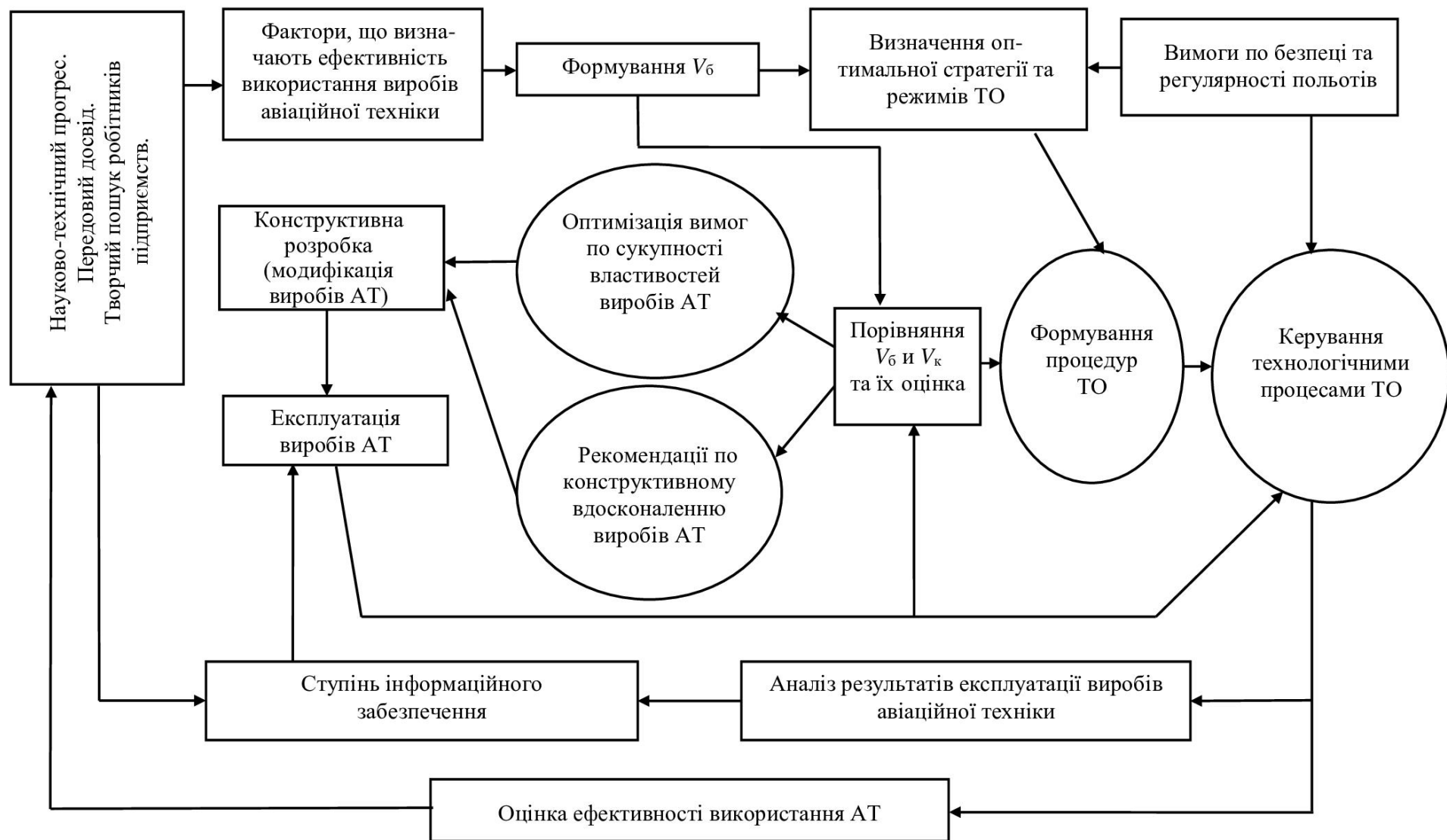


Рисунок 3.6 – Структурна модель керування технічним станом АТ

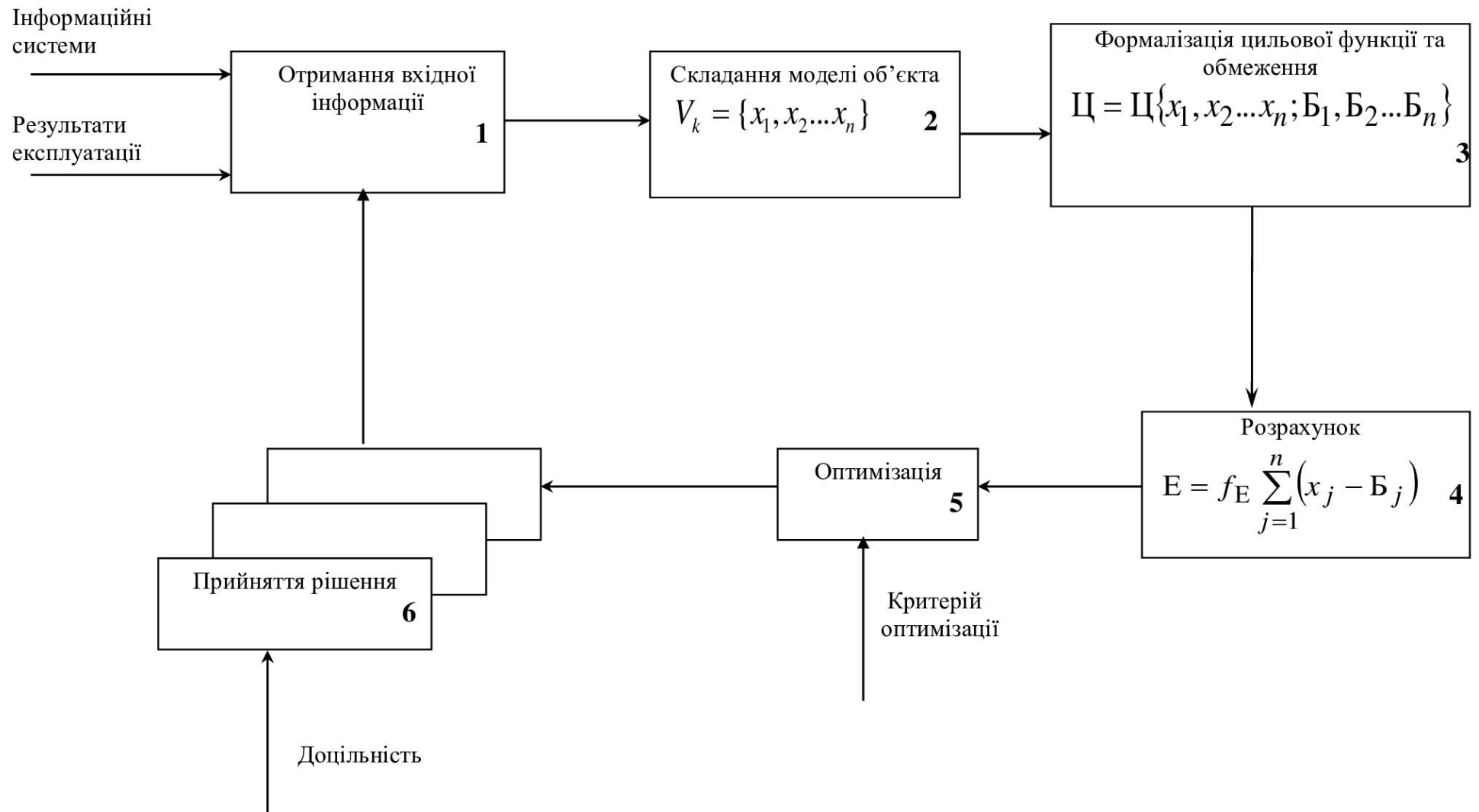


Рисунок 3.7 – Блок схема автоматизованої системи

Основними джерелами економічної ефективності одержаних у результаті створення й використання автоматизованої системи, є:

- скорочення часу проектування об'єктів експлуатації й розробки експлуатаційної документації;
- скорочення простоїв ПС на ТО за рахунок оптимізації обсягів і режимів ТО, підвищення якості виробів АТ, удосконалювання організації ТО;
- удосконалювання технологічних процесів ТО об'єктів експлуатації;
- використання оптимальних стратегій ТО;
- зниження витрат на розробку нових виробів і проведення доробок серійних виробів АТ;
- оптимізація обсягу й режиму контролю й діагностування об'єктів експлуатації;
- впровадження прогресивних ТО АТ і ін.

Реалізація автоматизованої системи дозволить забезпечити цілеспрямованість керуючих впливів, що сприяють підвищенню ефективності конструктивних розробок і експлуатації АТ.

Висновки до розділу 3

При виконанні даного розділу дипломної роботи виконано наступне:

- визначено та запропоновано особливості об'єктів експлуатації, які необхідно враховувати при забезпеченні необхідного рівня надійності виробів АТ;
- розроблено та запропоновано методологія побудови моделей керування процесом забезпечення льотної придатності повітряного судна та оптимізації режимів його технічного обслуговування.

В результаті розробки методичних основ автоматизованої системи управління процесом проектування та оптимізації режимів технічного обслуговування сформульовано основну мету створення автоматизованої системи, яка полягає у керуванні ефективністю конструктивних розробок і оптимізації процесів ТО виробів АТ, на основі розробки економічно обґрунтованих цілеспрямованих рекомендацій з удосконаленням виробів АТ, що забезпечують впровадження оптимальних стратегій і режимів ТО, також визначено основні завдання, що передбачається вирішувати на основі автоматизованої системи.

У підсумку, розроблено структурну модель керування технічним станом ПС та блок схему автоматизованої системи

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні положення

Основними законодавчими актами з охорони праці є: Конституція України, Закони України «Про охорону праці», «Кодекс законів про працю України», «Основи законодавства України про охорону здоров'я», «Про забезпечення санітарного і епідеміологічного благополуччя населення», «Про пожежну безпеку», «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Правила нормування робочого часу і часу відпочинку екіпажів повітряних суден цивільної авіації».

4.2 Небезпечні і шкідливі виробничі чинники під час технічного обслуговування повітряного судна та його компонентів

Заходи безпеки при ТО ПС регламентуються: державними та галузевими стандартами; системами стандартів безпеки праці; інструкціями по здійсненню польотів, ТО АТ; програмами та регламентами з ТО; технологією ремонту, посібниками і інструкціями з безпеки праці і т.д. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники викладені в ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы». Отже, під час ТО ПС діють такі, наприклад небезпечні та шкідливі виробничі фактори є:

- підвищена або понижена вологість повітря;
- підвищена або понижена рухомість повітря;
- підвищений рівень статичної електрики;
- відсутність або недостатність природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена або понижена температура повітря робочого середовища;
- рухомі машини та механізми; незахищені рухомі елементи виробничого обладнання; рухомі вироби, заготовки, матеріали.

Підвищена або понижена рухомість повітря. Даний чинник може спостерігатися за наступних умов: підвищена рухомість повітря – при

обслуговуванні ПС на відкритих майданчиках можуть виникати раптові пориви вітру, викидання відпрацьованих газів двигунами, що працюють; понижена рухомість повітря спостерігається у закритих частинах літака (кесон крила, технологічні люки та кришки), куди обмежений доступ повітря.

Відсутність або недостатність природного світла та недостатня освітленість робочої зони. Відсутність або недостатність природного світла при заправці ПС (в темний чи перехідний період доби) значно погіршує умови праці та може стати причиною допущення помилок під час виконання своїх обов'язків персоналом.

Підвищений рівень вібрації та підвищений рівень шуму. Як правило ці чинники обумовлені роботою двигунів як самого ПС, що обслуговується, так і літаків та засобів їх обслуговування, розташованих поблизу.

Підвищена або понижена температура повітря робочого середовища. Тут слід відзначити вплив температури навколишнього середовища у різні пори року (влітку – підвищена температура, взимку – понижена); підвищену температуру поверхонь при умовах високої сонячної радіації, а також підвищену температуру поверхонь вихлопних систем або автономних двигунів; понижену температуру поверхонь при роботі з багажним люком та його механізмами.

Рухомі машини та механізми; незахищені рухомі елементи виробничого обладнання; рухомі вироби, заготовки, матеріали. До цієї групи небезпечних та шкідливих виробничих чинників відносяться: рушійні самохідні та пересувні в ручну засоби заправки – заправні агрегати системи «ЦЗЛ», паливозаправники, авто паливні цистерни, фільтрозаправні агрегати, установки для заправки ПС, рулюючи ПС; незахищені елементи літаків, що рухаються, повітряні гвинти які обертаються, щоб підрулити до площадок, використання авіації в народному господарстві; рухомі роздавальні рукави з роздавальними кінцівками; та інше.

4.3 Технічні і організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників під час технічного обслуговування повітряних суден та їх компонентів

Для усунення або зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників відповідно до вимог НПАОП 63.23 – 1.06-98 та

ГОСТ 12.4.026-76 ССБТ розроблені наступні заходи:

- для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників, працівник, який виконує ТО ПС, зобов'язаний дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку згідно затвердженого графіку робіт.

- перед початком роботи робітник зобов'язаний одягнути спецодяг та, в разі необхідності, отримати та підготувати для використання засоби індивідуального захисту, а також перевірити справність робочого інструменту, пристроїв та іншого обладнання яке буде використовуватись при ТО ПС.

- під час роботи для обслуговування високо розташованих частин ПС в усіх випадках повинні використовуватись тільки спеціально передбачені трапи та сходи. Роботи, які виконуються на висоті 1,3 метра та більше від поверхні ґрунту (перекриття), зі сходів чи іншого обладнання, а також з елементів конструкції ПС на відстані не більше 2-х метрів від необгороджених перепадів та при виконанні робіт на спецустановках типу СПО – 15М виконуються з застосуванням запобіжних поясів, карабіни та спеціальні троси яких закріплюються за стримувальні вузли.

- забороняється виконувати роботу на висоті під час грози, ожеледиці, при швидкості вітру 15 м/с та більше. Роботи по переміщенні вертикальних панелей слід зупинити при швидкості вітру 10 м/с та більше.

- необхідно користуватись тільки справними переносними електросвітильниками з захисною решіткою та максимальною робочою напругою 24 В постійного струму або 12 В змінного струму.

- для захисту від хімічних речовин та спеціальних рідин, що використовуються при ТО, необхідно користуватися засобами індивідуального захисту: гумовими рукавичками, фартухами, нарукавниками, використовувати окуляри та респіратори. Для захисту відкритої шкіри слід застосовувати захисні мазі.

- щоб уникнути під час ТО випадкового включення закрилків, рулів, елеронів та інших рухомих елементів ПС необхідно вимкнути електричний струм, стравити тиск у гідросистемі, встановити застережні вимпели на органи керування.

- щоб зменшити рівень впливу шуму, необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту; стіни приміщення ділянки ремонту необхідно

облицювати звукоізолюючим матеріалом.

- для запобігання ураження електричним струмом здійснюється застосування нульового проводу в системі електропроводки.

- недостатність природного освітлення компенсується штучним переносним або стаціонарним освітленням.

- після закінчення роботи прибрати використане обладнання; зняти, ретельно вимити (почистити) і здати на зберігання засоби індивідуального захисту, які використовувались при роботі; вжити гігієнічні заходи, вимити руки і обличчя теплою водою з милом, при наявності прийняти душ.

4.4 Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці

Атестація робочих місць спрямована на:

- виявлення факторів і причин виникнення несприятливих умов праці;
- санітарно-гігієнічне дослідження факторів виробничого середовища, визначення ступеня важкості і напруженості трудового процесу на робочому місці;
- комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці та відповідність їхніх характеристик стандартам безпеки праці, будівельним та санітарним нормам і правилам;
- установа ступеня шкідливості і небезпечності праці та її характеру за гігієнічною класифікацією;
- обґрунтування віднесення робочого місця до категорії із шкідливими (особливо шкідливими) умовами праці;
- визначення (підтвердження) права працівників на пільгове пенсійне забезпечення;
- аналіз реалізації технічних і організаційних заходів, спрямованих на оптимізацію рівня гігієни, характеру і безпеки праці.

Атестація проводиться згідно із Порядком та Методичними рекомендаціями для проведення атестації робочих місць за умовами праці (надалі – рекомендації) затвердженими Міністерствами праці та охорони здоров'я України.

Відповідно до пункту 6 Порядку, атестація робочих місць передбачає:

- установлення факторів і причин виникнення несприятливих умов праці;
- санітарно-гігієнічне дослідження факторів виробничого середовища, важкості і напруженості трудового процесу на робочому місці;
- комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці на відповідність їхніх характеристик стандарту безпеки праці будівельним та санітарним нормам і правилам;
- установлення ступеня шкідливості й небезпечності праці та її характеру за гігієнічною класифікацією;
- обґрунтування віднесення робочого місця до категорії зі шкідливими (особливо шкідливими) важкими (особливо важкими) умовами праці;
- визначення (підтвердження) права працівників, професій та посад з пільговим пенсійним забезпеченням працівників;
- вивчення відповідності умов праці рівню розвитку техніки і технології, удосконалення порядку та умов установлення пільг і компенсацій;
- аналіз реалізації технічних і організаційних заходів, спрямованих на оптимізацію рівня гігієни характеру і безпеки праці.

Постановою Кабінету Міністрів України від 01 серпня 1992 року №442 "Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці" затверджено Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (далі – Порядок).

Результати атестації використовуються підприємствами й організаціями незалежно від форм власності й господарювання також для здійснення заходів щодо поліпшення умов праці, встановлення пільг та компенсацій, передбачених чинним законодавством.

Періодичність атестації установлюється самим підприємством у колективному договорі, але не рідше 1 разу на 5 років. Позачергова атестація проводиться у разі докорінної зміни умов праці з ініціативи власника або уповноваженого ним органу профспілкового комітету, трудового колективу або його виборного органу.

За результатами атестації визначаються невідкладні заходи щодо поліпшення умов і безпеки праці, які не потребують для їх розробки і

впровадження залучення сторонніх організацій і фахівців.

При роботі з персональним комп'ютером (ПК) на працівників можуть чинити несприятливий вплив наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищений рівень іонізуючих випромінювань;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищена напруженість електростатичного поля;
- підвищена чи знижена іонізація повітря;
- підвищена яскравість світла;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- статичні перевантаження кістково-м'язового апарата і динамічні локальні перевантаження м'язів кистей рук;
- перенапруга зорового аналізатора;
- розумова перенапруга;
- емоційні перевантаження;
- монотонність праці.

До заходів з профілактики професійної патології належать проведення попередніх при прийманні на роботу та періодичних медичних оглядів на всіх підприємствах, дотримання режимів праці та відпочинку, посадових інструкцій, виконання заходів щодо створення безпечних умов праці.

Для забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів комп'ютерних випромінювань необхідно застосовувати приєкранні фільтри, локальні світлофільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

При оснащенні робочого місця лазерним принтером параметри лазерного випромінювання повинні відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Організація робочого місця з ПК повинна враховувати вимоги безпеки, зручність положення, рухів і дій працівника.

Робочий стіл з урахуванням характеру виконуваної роботи повинен мати достатній розмір для раціонального розміщення монітора (дисплея), клавіатури, іншого використовуваного обладнання і документів. Поверхня столу повинна мати низьку здатність до відбивання світла.

Корпус ПК, клавіатура й інші блоки і пристрої повинні мати матову поверхню одного кольору з коефіцієнтом відбиття 0,4...0,6 і не мати блискучих деталей, здатних створити відблиски. Клавіатура розташовується на поверхні столу таким чином, щоб простір перед клавіатурою був достатнім для опори рук працівника (на відстані не менш чим 300 мм від краю, поверненого до працівника).

Щоб забезпечувалася зручність зорового спостереження, швидке і точне зчитування інформації, площина екрана монітора розташовується нижче рівня очей працівника переважно перпендикулярно до нормальної лінії погляду працівника (нормальна лінія погляду –15 градусів униз від горизонталі).

Для виключення впливу підвищених рівнів електромагнітних випромінювань відстань між екраном монітора і працівником повинна складати не менш 500 мм (оптимальне 600 – 700 мм).

Застосовувані рухливі підставки для документів (пюпітри) розміщуються в одній площині і на одній висоті з екраном.

Робочий стілець (крісло) повинно бути стійким, місце сидіння повинно регулюватися по висоті, а спинка сидіння – по висоті, кутам нахилу, а також відстані спинки від переднього краю сидіння. Регулювання кожного параметра повинно бути незалежним, легко здійснюваним і мати надійну фіксацію.

Для тих, кому це зручно, передбачається підставка для ніг. Робоче місце розміщується таким чином, щоб природне світло падало збоку (бажано ліворуч).

Площа на одне робоче місце з ПК повинна складати не менш 6,0 м², а обсяг не менш 20,0 м³.

Приміщення з ПК повинні бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря та ефективною вентиляцією повітря.

Розташування робочих місць у підвальних приміщеннях не допускається.

Для внутрішньої обробки інтер'єра приміщень з ПК потрібно

використовувати дифузійно-відбиваючі матеріали, з коефіцієнтом відбиття для стелі – 0,7-0,8; для стін – 0,5-0,6; для підлоги – 0,3-0,5.

Для зменшення яскравості при природному освітленні застосовуються регульовані жалюзі або щільні штори.

Світильники загального і місцевого освітлення повинні створювати відповідний контраст між екраном і навколишнім середовищем з урахуванням виду робіт і вимог видимості з боку працівника. Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення робочого документа повинна складати 300 – 500 люкс.

Можливі відбиття і відблиски на екрані монітора й іншому устаткуванні усуваються шляхом відповідного розміщення екрана, устаткування, розташування світильників місцевого освітлення. При рядному розміщенні робочих столів розташування екранів моніторів назустріч один одному через їхнє взаємне відображення не допускається. Для забезпечення безпеки працівників на сусідніх робочих місцях відстань між робочими столами з моніторами (у напрямку тилу поверхні одного монітора й екрана іншого монітора) повинне бути не менш 2,0 м, а відстань між бічними поверхнями моніторів – не менш 1,2 м.

Для зменшення рівня напруженості електростатичного поля застосовуються екранні захисні фільтри. При експлуатації захисний фільтр повинний бути щільно встановлений на екрані монітора і заземлений. Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату проводиться регулярне провітрювання і щоденне вологе прибирання приміщення.

При роботі з ПК необхідно забезпечити доступ працівників до первинних засобів пожежогасіння, аптечкам першої медичної допомоги.

При роботі з ПК працівники з врахуванням впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів забезпечуються засобами індивідуального захисту відповідно до типових галузевих норм для відповідних професій і посад.

При роботі з ПК працівники зобов'язані:

– дотримуватись режиму праці і відпочинку, встановленого законодавством, правилами внутрішнього трудового розпорядку організації, трудової дисципліни, виконувати вимоги охорони праці, правил особистої гігієни;

– виконувати вимоги пожежної безпеки, знати порядок дій при пожежі, вміти застосовувати первинні засоби пожежогашіння;

– знати прийоми надання першої допомоги при нещасних випадках на виробництві;

– про несправності обладнання повідомляти безпосередньому керівнику чи іншим особам, що здійснюють ТО обладнання.

Не допускається:

Виконувати роботу, знаходячись у стані алкогольного сп'яніння або в стані, викликаному вживанням наркотичних засобів, психотропних чи токсичних речовин, а також розпивати спиртні напої, вживати наркотичні засоби, психотропні чи токсичних речовини на робочому місці чи в робочий час; встановлювати системний блок у закритих нішах, безпосередньо на підлозі; використовувати для підключення ПК розетки, подовжувачі, які не мають заземлюючого контакту.

Працівники, що не виконують вимоги дійсної Інструкції, притягуються до відповідальності згідно з чинним законодавством.

4.5 Визначення необхідної кількості пристроїв заземлення, довжини сполучної смуги й розмірів контуру заземлення на стоянці літаків для захисту від статичної електрики

Для заземлення електроустаткування використовуються сталеві сполучні смуги, що приварюються до сталевих стрижнів діаметром $d = 38...50$ мм і довжиною $l = 2...3$ м або до сталевих куточків $50 \times 50 \times 5$ мм. Ці смуги забиваються горизонтально в землю на глибину $h = 0,5...0,8$ м від верхньої поверхні стрижня або куточка до поверхні землі. Питомий опір ґрунту наведено у таблиці 4.1. Опір розтікання струму від одиночного заземлення стрижня або кутника [51, 52]:

$$R_{\text{ст}} = 0.366 \frac{\rho}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h+1}{4h-1} \right), [\text{Ом}] \quad (4.1)$$

де ρ – питомий опір ґрунту (таблиця 3.1) у Ом·м;

l – довжина стрижня, м ;

d – діаметр стрижня, м ;

h – відстань від поверхні ґрунту до середини стрижня, м .

Таблиця 4.1 – Питомий опір ґрунту.

Ґрунт	Питомий опір, ρ , Ом·м
Пісок	700 (400...700)
Супісок	300 (150...400)
Чорнозем	20 (9...53)
Суглинок	100 (40...150)
Глина	40 (8...70)
Торф	20 (1...30)
Вода річкова	50 (10...100)
Вода морська	1 (0.2...1)

– значення питомих опорів ґрунтів дано при їхній вологості 10...20 %;

– у дужках приведені граничні значення коливання питомого опору в залежності від вологості.

Питомий опір ґрунту в Ом·м:

$$\rho = \rho_{\text{вим}} k_c, \quad (4.2)$$

де k_c – коефіцієнт збільшення питомого опору (коефіцієнт сезонності).

$$d = 0,95b_1,$$

де b_1 – сторона куточка, м .

$$h = h_o + 0,5l, \quad (4.3)$$

де h_o – глибина закладення сталевій пластини, м.

Для сталевих смуг, перетином не менш 100 мм і товщиною 4 мм, закладання в ґрунт паралельно землі на глибину 0,5...0,8 м, опір розтікання струму від смуги:

$$R_{\text{пол}} = 0,366 \frac{\rho}{l_1} \lg \frac{2l_1^2}{bh_0} [\text{Ом}], \quad (4.4)$$

де l_1 – довжина смуги, м;

b – ширина смуги, м.

$$l_1 = (n-1)a, \quad (4.5)$$

де n – кількість стрижнів, шт.;

a – відстань між стрижнями, м, (якщо $n = 2$, то $l_1 = a = l$).

Кількість пристроїв заземлення, од:

$$n = \frac{R_{\text{ст}}}{r_H \eta_{\text{ст}}} [\text{од}], \quad (4.6)$$

де r_H – нормоване значення опору пристрою, що заземлює, Ом;

$\eta_{\text{ст}}$ – коефіцієнт використання одиночного стрижневого пристрою заземлення.

Опір прямокутного контурного пристрою, що заземлює, зі стрижневих або кутових пристроїв заземлення зі сполучними смугами в Ом:

$$r_{\text{кз}} = \frac{R_{\text{ст}} R_{\text{пол}}}{R_{\text{ст}} \eta_{\text{пол}} + n R_{\text{пол}} \eta_{\text{ст}}}, \quad (4.7)$$

де $\eta_{\text{пол}}$ – коефіцієнт використання одиночного пристрою заземлення зі смугою;

$\eta_{\text{ст}}$ – коефіцієнт використання одиночного стрижневого пристрою заземлення (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 – Коефіцієнт використання одиночного пристрою заземлення

Число стрижнів (куточків) у контурі	$\eta_{\text{ст}}, \eta_{\text{кут}}$	$\eta_{\text{пол}}$
3	0,75	0,50
4	0,65	0,45
6	0,60	0,40
10	0,55	0,35
20	0,50	0,25
40	0,40	0,20

Визначити кількість пристроїв заземлення, довжину сполучної смуги і розміри контуру заземлення контурного пристрою, що заземлює, на стоянці літаків для захисту від статичної електрики. Вихідні дані для розрахунку:

- питомий опір ґрунту $\rho_{\text{вим}} = 30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;
- коефіцієнт збільшення питомого опору $k_c = 1.6$;
- пристрій заземлення – сталеві труба: $l = 3 \text{ м}$, $d = 0.05 \text{ м}$, $h = 2.2 \text{ м}$;
- смуга сталь шириною $b = 0.1 \text{ м}$;
- коефіцієнт використання одиночного пристрою заземлення $\eta_{\text{пол}} = 0.7$;
- коефіцієнт використання стрижневого пристрою заземлення $\eta_{\text{ст}} = 0.8$;
- норма опору контурного заземлення $r_H = 4 \text{ Ом}$.

Основні параметри контурного пристрою, що заземлює літаки на стоянці для захисту від статичної електрики наведені на рисунку 4.1.

- питомий опір ґрунту за формулою (4.2):

$$\rho = 30 \cdot 1.6 = 48 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

- опір розтікання струму від одиночного сталевих стрижня за формулою (4.1):

$$R_{\text{ст}} = 0.366 \frac{48}{3} \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0.05} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2.2 + 3}{4 \cdot 2.2 - 3} \right) \approx 13 \text{ Ом}$$

- глибина закладення сталевих пластин за формулою (4.3):

$$h_o = h - 0.5l = 2.2 - 0.5 \cdot 3 = 0.7 \text{ м},$$

- визначимо опір розтікання струму в землі від сталевих смуг за формулою (4.4):

$$R_{\text{пол}} = 0.366 \frac{48}{3} \lg \frac{2 \cdot 3^2}{0.1 \cdot 0.7} \approx 14 \text{ Ом},$$

- кількість пристроїв заземлення за формулою (4.5):

$$n = \frac{13}{4 \cdot 0,8} \approx 4 \text{ шт.},$$

– опір контурного пристрою, що заземлює за формулою (4.6):

$$r_{\text{кз}} = \frac{13 \cdot 14}{13 \cdot 0,7 + 4 \cdot 14 \cdot 0,8} \approx 3,4 \text{ Ом.}$$

Параметри контурного заземлення наведено на рисунку 4.1.

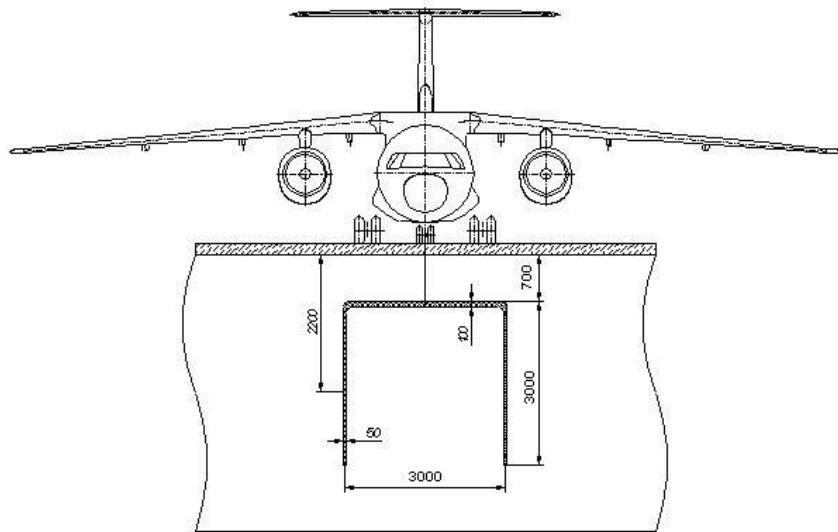


Рисунок 4.1 – Основні параметри контурного пристрою, що заземлює літаки на стоянці для захисту від статичної електрики

Отримане значення опору прямокутного контурного пристрою, що заземлює, зі стрижневих пристроїв заземлення зі сполучною смугою складає $r_{\text{кз}} \approx 3,4 \text{ Ом}$, що менше нормованого опору $r_{\text{кз}}^* = 4 \text{ Ом}$, тому даний контур відповідає нормам і може бути застосований для заземлення. Кількість пристроїв заземлення $n = 4$.

Висновки до розділу 4

Отримане значення опору прямокутного контурного пристрою, що заземлює, зі стрижневих пристроїв заземлення зі сполучною смугою складає $r_{\text{кз}} \approx 3.4 \text{ Ом}$, що менше нормованого опору $r_{\text{кз}}^* = 4 \text{ Ом}$, тому даний контур відповідає нормам і може бути застосований для заземлення. Кількість пристроїв заземлення $n = 4$. Таким чином, вся розробка зводить до мінімуму можливий вплив шкідливого та небезпечного фактору ураження електричним струмом.

Також слід зазначити, що значний вплив на технічний персонал, який обслуговує АТ здійснюють шумові та хімічно агресивні чинники, так як при обслуговуванні АТ на льотному майданчику, технічний персонал дуже часто має справу з керосином та агресивними гідравлічними рідинами, які можуть призвести до опіків при попаданні на шкіру, в очі та ротову порожнину.

Для забезпечення безпеки персоналу при технічних роботах на літаку, слід не тільки встановлювати норми щодо охорони праці, а й застосовувати нові методи щодо автоматизації ТО.

Зазначено порядок проведення робіт по атестації робочих місць за умовами праці відповідно до постанови Кабінету міністрів України «Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці» та «Методичних рекомендацій для проведення атестації робочих місць за умовами праці».

5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Загальні питання

Стрімкий розвиток авіаційного транспорту й зростання його ролі в житті людини не могло не вплинути на навколишнє середовище (НС). Основний вплив авіації на довкілля полягає в акустичному забрудненні, а також у викиді газів в атмосферу, що призводить до зміни клімату й забруднення повітря [41-43]. Особливість викидів шкідливих речовин під час експлуатації авіаційного транспорту – це висота (як відомо, літаки в наш час літають на висоті 8–13 км). У результаті цього в різних формах змінюється склад атмосфери, як безпосередньо, так і непрямо. Безпосередній вплив: емісія вуглекислого газу, оксидів азоту (NO_x), водяної пари, незгорілих вуглеводнів (бензол, пропан, етан, ацетилен, метан та ін.), сульфатних часток і сажі. Непрямий вплив: утворення озону (O_3) в результаті ланцюга хімічних реакцій, схожих на утворення смогу.

У нижньому шарі атмосфери озон – шкідлива речовина, що сприяє глобальному потеплінню. Вихлопні гази двигунів ПС сприяють утворенню озонових дір. У верхню тропосферу та нижню стратосферу викидається величезна кількість водяної пари. Щодоби в ці шари атмосфери викидається від 10 до 30 т водяної пари. Оксиди азоту вступають в реакцію з озоном стратосфери, що призводить до руйнування цього шару, що захищає біосферу від жорсткого ультрафіолетового сонячного випромінювання. У свою чергу збільшення вологовмісту повітряних мас сприяє появі хмар, а в приземному шарі за низьких негативних температур – виникненню туману (смогу) [41].

Викинута з двигуна ПС водяна пара під впливом турбулентного обміну змішується з навколишнім повітрям, що призводить за низьких температур і високої вологості до конденсації й сублімації водяної пари. За наявності шарів інверсій обсяг водяної пари, що піднімається, розтікається, сприяючи утворенню великої пелени з хмар шароподібної форми. Спочатку хмарний слід має ширину кількох метрів, але, розтікаючись, збільшується до кількох кілометрів. Тобто, водяна пара, що викидається в атмосферу, може збільшувати кількість перистих

хмар і їх вертикальну потужність. Така зміна перистих хмар відбувається, як правило, під час інтенсивних польотів і призводить до зміни традиційного режиму сонячної радіації. Тобто збільшення кількості перистих хмар призводить до зростання температури повітря.

Забруднення нижньої стратосфери вище тропопаузи (висоти більш 9–11 км) впливає на фізико-хімічний склад стратосферного повітря. Частинки, викинуті на висоті 14 км, перебувають в стратосфері до одного місяця, а на висоті 22 км – до двох років. Це призводить до зменшення густини атмосферного озону і відповідно позначається на погодних умовах і кліматі Землі, викликає стихійні лиха. Витончення озонового шару є також негативним фактором для екології тваринного й рослинного світу, здоров'я людини.

З екологічної точки зору сучасний аеропорт (аеродром) можна розглядати ще й як комплекс випромінювання електромагнітної енергії, що чинить шкідливий вплив на НС і людину. До джерел випромінювання слід віднести радары, засоби зв'язку тощо.

Найбільшою біологічної активністю володіють хвилі дециметрового, сантиметрового та особливо міліметрового діапазону. Медико-біологічні дослідження впливу СВЧ-опромінення на живі організми показали, що воно здатне порушувати (пригнічувати) діяльність центральної нервової системи, руйнувати білкові молекули, що містяться в крові, змінювати функції ендокринних органів людини [41].

Негативний вплив електромагнітних випромінювань посилюється шумовим фактором. Збільшення вантажопідйомності ПС та інтенсивності польотів призвели ще й до підвищення рівня шумності в зонах розташування аеропортів (аеродромів). Це далеко не повний перелік екологічних проблем, що виникають під час антропогенної діяльності через експлуатацію АТ.

В Україні розвиваються практично всі види транспорту: авіаційний залізничний, автомобільний, морський, річковий, трубопровідний та електронний. Усі види транспорту доповнюють один одного і разом з транспортними шляхами утворюють транспортний комплекс (рисунок 5.1) [41]. Отже, у розвитку

повітряного законодавства України спостерігається певна позитивна динаміка. Вона стосується не тільки кількості вміщених норм. Доречі, якщо Повітряний кодекс України від 1993 року мав лише дві статті, спрямовані на охорону атмосферного повітря від негативного впливу ЦА [42], то новий Повітряний кодекс вміщує вже спеціальний розділ Х «Охорона навколишнього природного середовища» [43].

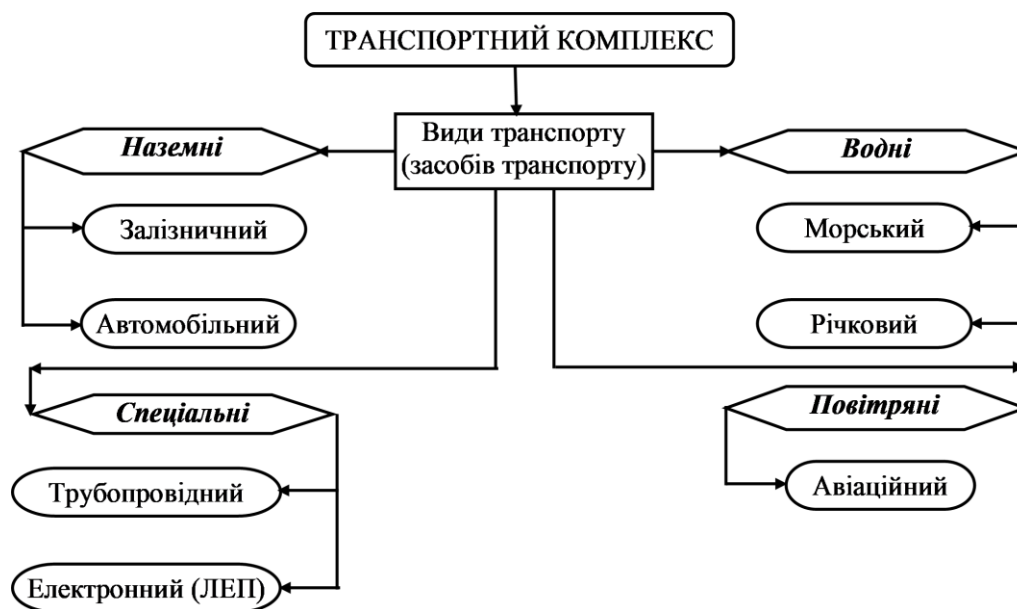


Рисунок 5.1 – Структура транспортного комплексу

Враховуючи сферу регулювання таких норм, то він поширюється не тільки на безпосередньо захист НС від шкідливого впливу цивільних ПС, захист населення від шкідливого впливу викидів (емісії) забруднюючих речовин (ЗР), шуму, електромагнітного випромінювання, ризику авіаційних подій під час експлуатації ПС, а й на реєстрацію цивільних ПС, льотну придатність екземпляра цивільного ПС тощо. Всього – біля 20 позицій [44]. Наприклад, щодо сертифікації ПС, то в новому Повітряному кодексі вже чітко зазначено, що уповноважений орган з питань ЦА може відмовити в реєстрації цивільного ПС у разі, якщо ПС не відповідає вимогам щодо льотної придатності, охорони НС або інших обмежень, встановлених уповноваженим органом з питань ЦА; в той час як попереднім Повітряним кодексом така умова взагалі не передбачалася. Новелою також є положення нового Повітряного кодексу про те, що з метою встановлення відповідності ПС нормативам у сфері захисту НС уповноважений орган з питань ЦА видає сертифікат ПС щодо шуму на місцевості. Аналізуючи стан правової

охорони атмосферного повітря від негативного впливу ЦА слід також враховувати, що одним з головних чинників негативного впливу ЦА на навколишнє природне середовище є авіаційний шум (АШ).

У цьому зв'язку слід відмітити, що регулювання шкідливого фізичного впливу на атмосферу, зокрема зниження шуму, є одним з напрямків правових заходів охорони атмосферного повітря. Повітряний транспорт займає значне місце в шумовому режимі населених пунктів. Джерелами АШ на території авіапідприємства і прилеглих до нього районів є авіаційні силові установки з газотурбінними і поршневыми двигунами; допоміжні силові установки літаків та агрегати запуску; спецмашини аеродромного обслуговування різного призначення, в тому числі теплові та вітрові машини, створені на базі авіадвигунів, що відпрацювали льотний ресурс. Акустична обстановка в районі аеропорту визначається режимом функціонування авіапідприємства; типами ПС, що експлуатуються в аеропорту; діючими маршрутами прильоту та вильоту ПС; розташуванням житлової забудови відносно злітно-посадочної смуги, а також заходами, що проводить аеропорт з метою зниження несприятливого впливу АШ на довкілля. Отже, об'єктом негативного впливу ЦА виступає не тільки НС, а й населення. Слід відмітити посилення уваги до цієї важливої проблеми у повітряному праві України.

Так, у новому Повітряному кодексі України чітко зазначено, що максимальний допустимий рівень АШ під час експлуатації ПС, емісії авіаційних двигунів та електромагнітного випромінювання об'єктів авіаційної діяльності не повинен перевищувати гранично допустимого рівня, встановленого авіаційними правилами України; а у разі, якщо рівень шуму під час експлуатації цивільного ПС перевищує встановлений гранично допустимий рівень АШ, уповноважений орган з питань ЦА має право обмежити або заборонити польоти такого ПС [43]. Заходи, спрямовані на зменшення рівня шуму в аеропорту та поблизу нього на основі збалансованого підходу до регулювання АШ, можуть включати: просторове зонування території навколо аеропорту з урахуванням умов АШ та інших несприятливих екологічних факторів; запровадження експлуатаційних

заходів під час зльоту і посадки ПС; відповідну організацію повітряного руху з метою зменшення впливу АШ тощо [43]. Законодавство України покладає обов'язки в контексті вирішення зазначеної проблеми не тільки на авіаційні підприємства та авіаційну владу, але на органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підприємства, установи, організації та громадян, які відповідно до ст. 24 Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» при здійсненні будь-яких видів діяльності з метою відвернення і зменшення шкідливого впливу на здоров'я населення шуму, неіонізуючих випромінювань та інших фізичних факторів зобов'язані вживати заходів щодо недопущення впродовж доби перевищень рівнів шуму, встановлених санітарними нормами на захищених об'єктах. Шум на захищених об'єктах при здійсненні будь-яких видів діяльності не має перевищувати рівнів, установлених санітарними нормами для відповідного часу доби. Щодо власників аеродромів, експлуатантів, командирів і членів екіпажів ПС, то вони зобов'язані при експлуатації ПС на землі та в повітрі запобігати шумам або зводити їх до мінімуму. У цьому зв'язку слід звернути увагу на те, що в сучасних умовах при нормуванні АШ існують два різних підходи:

- коли допустимі рівні встановлюються з врахуванням санітарно-гігієнічних вимог за умови відсутності несприятливого діяння шуму на людину (санітарно-гігієнічне нормування);

- коли нормування шуму встановлює норми шуму ПС з врахуванням сучасних досліджених і технічно обґрунтованих способів АШ при авіатранспортних процесах. Оскільки несприятливі дії АШ вдень і нічний час відрізняються, допустимі значення встановлюються роздільно для денного і нічного часу в бік зниження коефіцієнту рівня шуму на території житлової забудови у нічний час.

За порушення цієї норми чинним законодавством передбачена адміністративна відповідальність. Шум сучасних дозвукових ПС з ГТД регламентується в першу чергу міжнародним стандартом ІКАО, а також національними стандартами. Діючі нормативи з шуму чітко регламентують не тільки допустимі рівні шуму, а й методики його вимірювання, режими польотів при

сертифікаційних випробуваннях, а також обробку результатів та їх приведення до вихідних умов з метою захисту екологічних прав громадян та попередження правопорушень у сфері використання повітряного простору авіаційним транспортом. Варто звернути увагу на роль та місце інституту юридичної відповідальності у міжгалузевому механізмі правового регулювання екологічних проблем безпеки ЦА. У цьому зв'язку слід відмітити, що із зазначених питань встановлені, в основному, такі види юридичної відповідальності, як адміністративна й дисциплінарна відповідальність, значно меншою мірою – цивільно-правова відповідальність, в особливих випадках – кримінальна відповідальність. При цьому норми законодавства, спрямованого на охорону атмосферного повітря, в частині відповідальності, як правило, мають відсильний характер. Тому в кожному конкретному випадку вимагається диференційоване застосування спеціального законодавства щодо встановлення конкретної юридичної відповідальності. Так, наприклад, адміністративна відповідальність мається на увазі у ст.11 Закону України «Про охорону атмосферного повітря», яка встановлює дозвільну систему регулювання викидів в атмосферу, за порушення якої породжуються відповідні правові наслідки [44]. Законом України «Про охорону атмосферного повітря» встановлено також пряму заборону щодо навмисного викиду в атмосферу палива при невдалому запуску двигуна чи після його виключення [44]. За порушення цієї норми настає адміністративна відповідальність.

У ст.3 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» передбачається стягнення збору за забруднення НС й погіршення якості природних ресурсів [45]. Слід звернути увагу, що у новому Повітряному кодексі України цьому питанню також приділена увага. Так, у Кодексі передбачається, що суб'єкти авіаційної діяльності зобов'язані під час експлуатації ПС на землі та в повітрі дотримуватися встановлених нормативів вмісту ЗР у відпрацьованих газах та впливу фізичних факторів і вживати заходів щодо зменшення обсягів викидів (емісії) забруднюючих речовин і зменшення рівня АШ, електромагнітного та радіаційного випромінювання, а також забороняється

скидання з ПС шкідливих для здоров'я людей та навколишнього природного середовища речовин, відходів і матеріалів, крім випадків аварійної ситуації та виконання авіаційних хімічних робіт. Винні в таких діях особи несуть відповідальність згідно із законом [43].

До правових заходів охорони атмосферного повітря належить також встановлення штрафних санкцій за викиди в атмосферу стаціонарними джерелами, в т. ч. й підприємствами ЦА. Так, відповідно до ст.11 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» викиди ЗР в атмосферне повітря стаціонарними джерелами можуть здійснюватися після отримання дозволу, який видається територіальним органом спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів за погодженням із територіальним органом спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань охорони здоров'я [44]. Що стосується характеру встановленої відповідальності, то в законі зазначено, що особи, винні у викидах ЗР в атмосферне повітря без дозволу спеціально уповноважених на те органів виконавчої влади, несуть відповідальність згідно з законом [44].

Слід підкреслити, що дозвіл на викиди ЗР в атмосферне повітря стаціонарними джерелами є тим нормативно-правовим документом, що дає юридичне право на законність здійснення використання природних ресурсів. Так, згідно із статтею 12 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» та «Порядку обмеження, тимчасової заборони (зупинення) чи припинення діяльності підприємств, установ, організацій і об'єктів у разі порушення ними законодавства про охорону навколишнього природного середовища», така діяльність підприємств обмежується або тимчасового забороняється (зупиняється).

Дії посадових осіб територіальних органів уповноваженого органу державної влади можуть бути оскаржені вищому керівництву або в судовому порядку. Що стосується цивільної відповідальності, то вона мається на увазі, наприклад, у статті 34 Закону України «Про охорону атмосферного повітря», де передбачено відшкодування шкоди, завданої порушеннями законодавства про охорону атмосферного повітря [43]. У цьому зв'язку необхідно підкреслити, в повітряному

законодавстві України вперше передбачена цивільна відповідальність для суб'єктів авіаційної діяльності, які зобов'язані відшкодувати громадянам шкоду, заподіяну їх здоров'ю та майну внаслідок авіаційної діяльності, відповідно до закону [45]. Узагальнюючи вищезазначене, необхідно констатувати, що на сучасному етапі в Україні створено певний міжгалузевий нормативно-правовий механізм, що регулює екологічні аспекти безпеки ЦА.

Але, як уявляється, він потребує подальшого вдосконалення для практичного застосування; зокрема шляхом розвитку запобіжних заходів у даній сфері у світлі міжнародних вимог та стандартів. Варто відзначити збільшення норм екологічного спрямування у повітряному законодавстві України. Але попри задекларовані в новому Повітряному кодексі України пріоритети, відсутність у ньому механізму притягнення до юридичної відповідальності за порушення норм екологічного характеру поки ще не сприяє усвідомленню значущості екологічної складової безпеки ЦА. Основні вимоги SARP's ICAO з питань захисту НС від діяльності авіатранспортної системи наведено у документах [46-49].

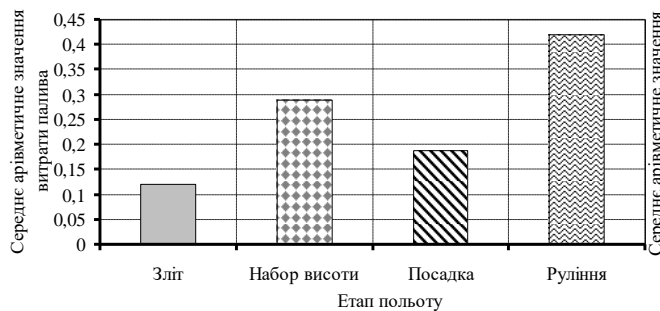
5.2 Дослідження в області підвищення паливної ефективності парку повітряних суден і зниження викидів парникових газів

Відомо, що основні напрямки, результати і програми подальших досліджень ICAO в галузі охорони НС, що реалізуються у рамках діяльності Комітету ICAO з охорони НС від впливу авіації (CAEP), опубліковані останнім часом в відомих документах [46-49], які свідчать про значні досягнення в області регламентації і подальшого зниження викидів окислю вуглецю (CO), оксидів азоту (NO_x) та не згорівших вуглеводнів (УНС) на одиницю тяги у відповідності до вимог SARP's ICAO [49], а також параметрів стандартного злітно-посадкового циклу, широко використовуваного для розрахунку забруднення атмосфери в аеропортах при польотах літаків на порівняно невеликих висотах (до 915 м). Структура реалізованих при цьому характерних режимів польоту і відносні показники викидів ЗР для типового сучасного літака наведені на рисунку 5.2.

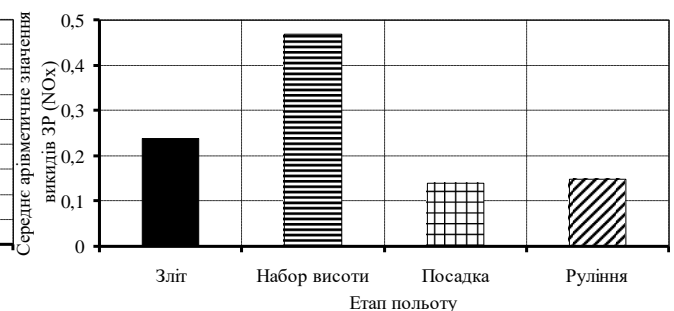
Однак, при цьому тяга та тривалість роботи двигуна вказано у таблиці 5.1

Таблиці 5.1 – Режими роботи двигуна

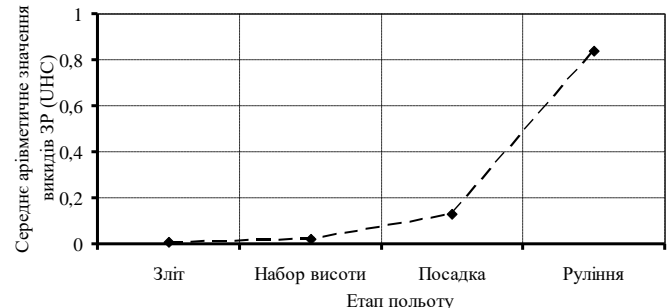
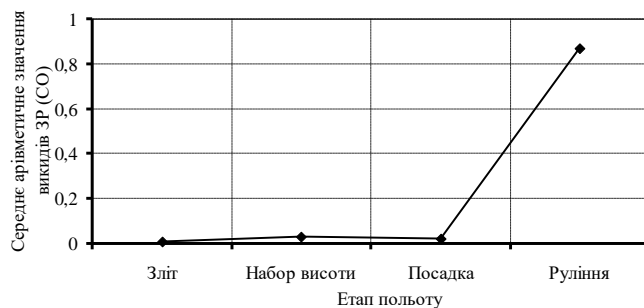
	Зліт	Набор висоти	Посадка	Руління
Тяга двигуна:	100 %	85 %	30 %	7 %
Тривалість роботи, хв:	0,7	2,2	4,0	26,0



а)



б)



а) – витрата палива; б) – ЗР NOx; в) – ЗР CO; г) – ЗР HNC

Рисунок 5.2 – Характерні відносні значення витрат палива та викидів газоподібних ЗР для основних елементів стандартного злітно-посадкового циклу ІКАО на прикладі літаків обладнаних двигунами CFM 56 різних серій

Однак в реальних умовах експлуатації цивільних ПС, включаючи польоти на значних (крейсерських) висотах польоту, багато в чому впливають на склад і величину характерних викидів ЗР, впливають на глобальний клімат набагато ширше. Про це свідчать дані, представлені в роботі [50], де показані характерні кількісні показники викидів ЗР, які регламентовані Кіотським протоколом, для типового парку існуючих цивільних ПС або застарілого парку експлуатованих ПС на внутрішніх і зовнішніх авіалініях зарубіжних авіакомпаній згідно з рекомендаціями міжнародної методології ЕМЕР/CORINAIR, що широко використовують у країнах Європейської Конференції ЦА (ECAC).

Результати численних дослідів свідчать про те, що маса викидів ЗР в ЦА пропорційна кількості спаленого в галузі авіаційного палива (наприклад, при використанні 1 кг гасу в атмосферу виділяється 3,15 кг CO). За оцінкою ІКАО, що була представлена в доповіді на засіданні CAEP/10 [47] загальна маса споживаного світовою ЦА палива і відповідні викиди CO, по роках з урахуванням прогнозів на період до 2025 року представлені на рисунку 5.3.

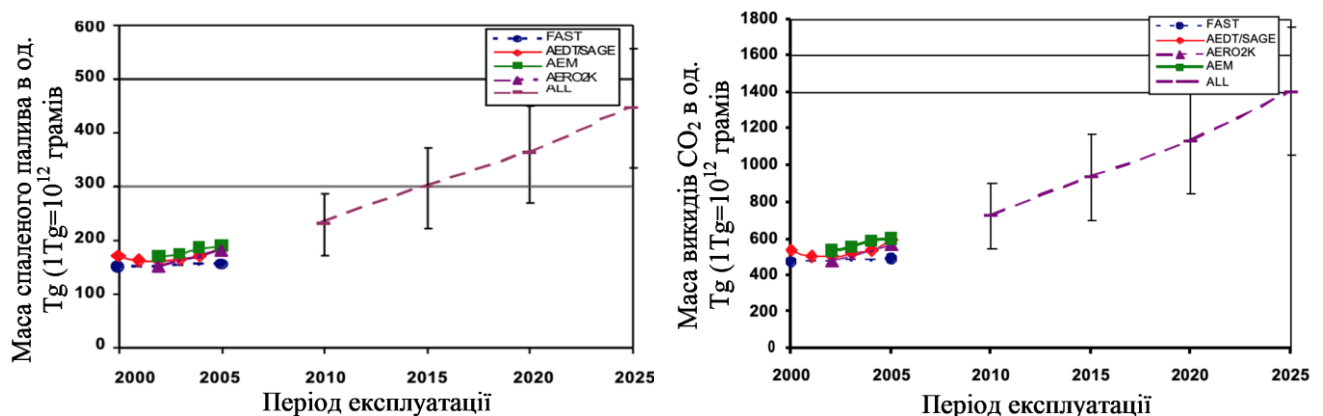


Рисунок 5.3 – Уточнені дані ІКАО по оцінці загальної кількості спаленого в світовій ЦА авіапалива а) і відповідних викидів парникових газів у вигляді вуглекислого газу CO₂ б) у період до 2025 року з використанням різних розрахункових моделей

Очевидно, що викиди ЗР, а отже і масштаби впливу авіації на оточуюче середовище безпосередньо пов'язані з досягнутими до теперішнього часу показниками паливної ефективності парку ПС і двигунів в ЦА. Результати узагальнених світових тенденцій зміни аналогічних показників, виконаних Міжнародною асоціацією повітряного транспорту (IATA), показані на рисунку 5.4.

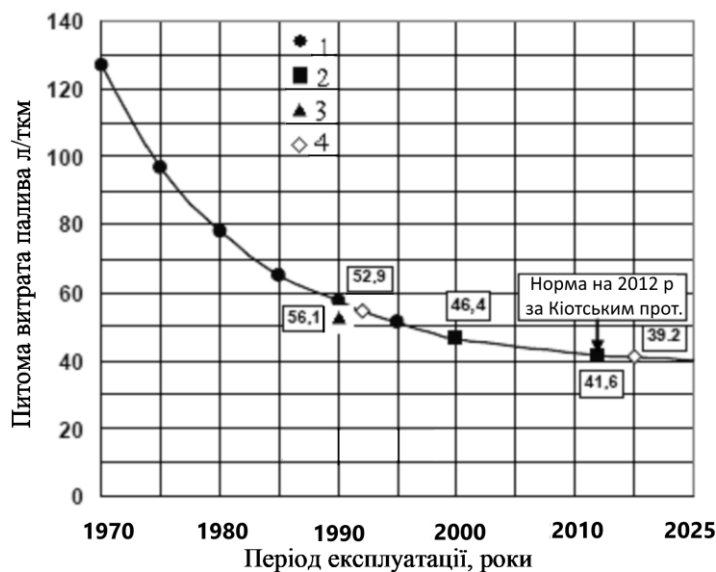
В таблиці 5.2 запропоновано де які значення зазначених показників.

Таблиця 5.2 – Пропоновані значення показників

Параметри	Витрата палива(л/100 ткм)	Викиди CO ₂ (кг CO ₂ /ткм)
Базове значення для 1990 року	56,1	1,42
Цільова норма 2012 р. за Кіотським протоколом	41,6	1,05

Прогнози низки міжнародних програм удосконалення показників паливної ефективності літаків існуючих і знову розроблюваних поколінь, здійснюваних в

США Європі, представленні в таблиці 5.3.



- 1 – прогноз IATA на 2000-2012 роки; 2 – фактичне значення для літаків парку IATA на 1970-1995 роки; 3 – базова величина IATA для 1990 року;
4 – базове значення NASA на 1992 и 2015 роки

Рисунок 5.4 – Характерна залежність зміни паливної ефективності по роках в період 1970 – 2020 рр. для парку літаків держав-членів IATA (за даними IATA Environment Review 2000)

Таблиця 5.3 – Цільові нормативи національного плану США (2007 рік) досліджень і розвитку повітряного транспорту в період до 2020 року в області зменшення впливу ЦА на НС (за даними Flight Int., 2008, v. 173, № 1521)

Покоління та роки введення в експлуатацію нових літаків	Підвищення паливної ефективності та зниження викидів CO ₂	Зниження NO _x відн. норм. CAEP/2	Зниження шуму відн. норм. розділу 4 (сума рівнянь у 3-х к/точках)	Цілі Європейської програми ACARE на 2020 рік
N+1 в період до 2015 року	33 %	-	-	• CO ₂ 50 % • NO _x 80 % • Зниж. АШ на 20 EPNдБ (відн. 2000 р.)
N+2, 2020-25 рр.	40 %	-	42 EPNдБ	
N+3, 2030-35 рр.	70 %	80 %	62 EPNдБ	

Висновки до частини 5

За підсумками виконання даного розділу дипломної роботи можна відзначати наступне:

– при виконанні аналізу Повітряного кодексу України було визначено особливості вимог щодо охорони навколишнього середовища у порівнянні з попереднім кодексом, тобто нова редакція охоплює більше коло існуючих проблем у цьому напрямку;

за результатами дослідження в області підвищення паливної ефективності парку повітряних суден і зниження викидів парникових газів з моніторингу наукових публікацій, вимог CAEP/10 визначено та надано дані прогнозу меж емісії (викидів шкідливих речовин) авіаційними двигунами та їх акустичних характеристик з метою зниження авіаційного шуму і підвищення паливної ефективності.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проблема розробки нових моделей і методів розрахунку й керування надійністю АТ виникла на основі потреб теорії й практики проектування й забезпечення надійності в експлуатації, при наявності реально існуючого протиріччя між ускладненням авіаційних конструкцій і вимогами забезпечення високої безвідмовності при зниженні вартості, трудомісткості, підвищенні ефективності використання, строків проектування та інше. Від рішення цього протиріччя залежить стан, розвиток і вдосконалення процесів проектування й експлуатації сучасних і перспективних ПС.

В роботі показано, що при формуванні змісту й обсягів ТО сучасного ПС повинні враховуватися ті нові принципи конструювання авіаційної техніки, що успішно реалізуються в останні роки з метою підвищення безпеки і регулярності польотів, зниження витрат на ТО.

До таких принципів можна віднести:

- забезпечення безпечної пошкоджуваності конструкцій, забезпечення високих значень показників довговічності і живучості;
- застосування бортових автоматизованих систем діагностування функціональних систем;
- забезпечення високого ступеня резервування виробів і функціональних систем та необхідного рівня експлуатаційної технологічності і контролепридатності створюваних конструкцій.

Встановлено, що виконання широкого кола робіт по забезпеченню та підтриманню льотної придатності на різних етапах життєвого циклу ПС вимагає створення єдиної системи програмного управління процесами забезпечення та підтримання льотної придатності, яка враховувала би міжнародний досвід та зберігала наступність вітчизняної практики виробництва та технічного обслуговування цивільної авіаційної техніки.

Запропоновано новий підхід до розробки методології забезпечення процесів технічного обслуговування в системі підтримання льотної придатності повітряних суден та формування програм їх технічного обслуговування.

Для прийняття відповідальних рішень запропоновано сполучити оптимізацію із прогнозуванням, при цьому безпосередньо прогнозуються не параметрами моделі, а вхідні дані в математичну модель, що служить для визначення оптимального сполучення властивостей об'єкта експлуатації.

Приймаючи цю гіпотезу, питання «які будуть параметрами об'єкта?» заміняємо питанням «які повинні бути параметри?», що дозволяє два окремі завдання - прогнозування й оптимізація – звести до одного загального завдання.

Для розробки автоматизованої інформаційної системи керування на основі запропонованої методології, в роботі запропоновані основні етапи науково-дослідної роботи, надані основні джерела одержання економічної ефективності.

Також в рамках дипломної роботи було приділено увагу питанням охорони праці при технічному обслуговуванні повітряних суден та охорони навколишнього середовища пр функціонування авіаційної транспортної системи.

СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конвенция о международной гражданской авиации, Дос. 7300/9, 2006 г. – 51 с.
2. Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. Международные стандарты и рекомендуемая практика: Система управления безопасностью полетов. 2013 г. – 44 с.
3. Международные стандарты и рекомендуемая практика: Руководство по управлению безопасностью полетов. Дос. 9859 AN/474. 2009 г. – 318 с.
4. Концепція Державної цільової програми безпеки польотів на період до 2015 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 5 березня 2009 р. № 273-р.
5. Смирнов Н.Н. Техническая эксплуатация летательных аппаратов / Н.Н. Смирнов. – М.: Транспорт, 1990. – 423 с.
6. Чекрыжев Н.В. К оценке эффективности процесса технического обслуживания бортовых систем воздушных судов / Н.В. Чекрыжев, А.Н. Коптев // Научный Вестник МГТУ ГА. 2015. – № 219.. – С. 57-67.
7. Большедворский Г.А. Методологические аспекты поддержания летной годности воздушных судов / Г.А. Большедворский, Х.Г. Дадобаев // Научный Вестник МГТУ ГА. 2013. – № 197. – С. 31-35.
8. Дмитриев С.А., Бурлаков В.И., Попов А.В., Попов Д.В. Формирование программ технического обслуживания авиационных двигателей // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: – 2013. – № 7/104. – С. 190 - 194 .
9. Пучков Ю.П., Молодцов М.Ф., Бурлаков В.І., Попов О.В., Попов Д.В. Удосконалення системи технічного обслуговування повітряних суден України // Вісник Інженерної академії України. – Миколаїв, 2014. – №1. –С. 37-39.
- 10.Дмитрієв С.О., Бурлаков В.І., Попов О.В., Попов Д.В. Формалізація процедур та визначення оптимальних програм технічного обслуговування повітряних суден та авіаційних двигунів // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: – 2014. – № 9/116. – С. 177 – 181.
- 11.Дмитрієв С.О., Попов О.В., Попов Д.В., Арістов Г.О. Інформаційні

технології забезпечення конструктивно-експлуатаційних властивостей повітряних суден та авіадвигунів // Вісник двигунобудування, 2015. – № 2. С. 67-72.

12. Людський фактор при технічному обслуговуванні авіаційної техніки: навч. посіб. / С.О. Дмитрієв, В.І. Бурлаков, Р.М. Салімов, Ю.П. Пучков, О.В. Попов. – К.: НАУ, 2011. – 184 с.

13. http://www.espotec.ru/art_info.htm.

14. <http://jrnl.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/5100/5380>.

15. Энциклопедия безопасности авиации / Н.С. Кулик, В.П. Харченко, М.Г. Луцкий, А.Г. Кучер и др.; под ред. Н.С. Кулика. – К.: Техніка, – 2008. – 1000 с.

16. Безпека авіації /В.П. Бабак, В.П. Харченко, В.О. Максимов, О.Г. Кучер та ін.; за ред. В.П. Бабака. – К. : Техніка, 2004. – 585 с.

17. Международные стандарты и рекомендуемая практика: Руководство по летной годности. Дос. 9760 AN/967. 2013 г. – 420 с.

18. Приложение 8 к Конвенции о международной гражданской авиации. Международные стандарты и рекомендуемая практика: Летная годность воздушных судов. 2010 г. – 232 с.

19. Наказ Державна авіаційна служба України № 286 від 06.03.2019 р. Про затвердження Авіаційних правил України «Підтримання льотної придатності повітряних суден та авіаційних виробів, компонентів і обладнання та схвалення організацій і персоналу, залучених до виконання цих завдань». Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 28 березня 2019 р. за № 316/33287

20. Наказ Міністерства інфраструктури України від 17.01.2014 № 27 «Про затвердження Авіаційних правил України, Частина 21 «Сертифікація повітряних суден, пов'язаних з ними виробів, компонентів та обладнання, а також організацій розробника та виробника» АПУ-21 (Part-21)».

21. Новожилов Г.В. Безопасность полета самолета. Концепция и технология / Г. В. Новожилов, М. С. Неймарк, Л. Г. Цесарский. — М. : Машиностроение, 2003. — 144 с.

22. <https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2019/12/Struktura-02.12.2019>

23. Wygle B.S. Commercial considerations versus safety // Tech. Air-1987,

№ 5. pp. 1-7.

24. Vermeulen H.C. Current and future use of an AIDS integrated engine monitoring system. – SAE paper, №801219, 1980. – 16 pp.

25. Методика оперативного управления эффективного процесса технической эксплуатации самолетов в эксплуатационном авиапредприятии/ Н.Н. Смирнов, Е.Д. Герасимова. – М.: МГА, 1985. – 32с.

26. Писаренко В.Н. Техническое обслуживание воздушных судов как система поддержания летной годности гражданской авиационной техники: Монография. Самара, Издательство СамНЦ РАН, 2017. – 170с.

27. Смирнов Н.Н. Научные основы построения системы технического обслуживания и ремонта самолетов гражданской авиации: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 1994. – 108 с

28. Людський фактор у системі збереження льотної придатності авіаційної техніки : навч. посібник / В.І. Бурлаков, Ю.П. Пучков, О.В. Попов, Д.В. Попов. – К. : НАУ, 2018. – 112 с.

29. Емелин Н.М. Марковские модели ТО сложных систем / Надежность и контроль качества. 1988 –с. 21-24.

30. Караульчиков В.П., Шишок Н.А. Основные методологические концепции эксплуатационного обеспечения сложных систем. – М.: Изд-во, Знание, 1987. 92 с.

31. Карлов А.М. Ходовский В.А. Надежность функционирования радиоэлектронных средств с учетом воздействия помех / Вопросы совершенствования методов ТЭ РЭО: РКИИГА, 1985. – 167 с.

32. Половко А.М. Надежность развивающихся систем./Надежность и Эксплуатация сложных систем / сб. науч. трудов.: ПИАП, 1985. – с. 3-11.

33. Гуров С.В. Математическое описание стационарного функционирования и оценка показателей надежности технических устройств с произвольными законами распределения / Надежность и Эксплуатация сложных систем: сб. науч. трудов: ПИАП, 1985 – с. 18-27.

34. Ивлев В.В. Надежность систем из однотипных элементов. – М.: Радио и

связь.1986. – 96 с.

35. Полухин А.В. Рекев В.А. Об исследовании качества функционирования сложных технических систем. /Комплексы управления воздушным движением и самолетовождения: сб. науч. трудов. – К.: КИИГА, 1986. – С. 58.

36. Гатушкин А.А. , Козлов А.А., Чехаровский И.Т. Оптимизация режима ТО авиационной техники/Моделирование в обеспечении безопасности полетов: сб.науч.трудов. – К.: КИИГА, 1987, – С. 131-133.

37. Емелин Н.М. Определение периодичности диагностирования сложных систем при их техническом обслуживании по фактическому техническому состоянию // Надежность и контроль качества.1990. – №8. – С.57-60.

38. Тамаргазін О.А. Розробка методів оцінки ефективності і вдосконалення керування системою технічного обслуговування пасажирських літаків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн.. наук: спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / Тамаргазін Олександр Анатолійович; Національний авіаційний університет. – К., 2001. – 36 с.

39. Ицкович А.А., Чинючин Ю.М., Смирнов Н.Н., Файнбург И.А. Оценка эффективности программ поддержания летной годности воздушных судов в центрах технического обслуживания и ремонта авиационной техники / Научный Вестник МГТУ ГА. 2013, № 197. – С. 5-10.

40.Dmitriev S., Burlakov V., Popov O., Popov D. Technological processes and quality control in aircraft engine maintenance // Aviation, Volume 19, Issue 3, 2015. – p. 133-137.

41.Попов О.В. Діагностування проточної частини авіаційних турбореактивних двоконтурних двигунів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / Попов Олександр Вікторович; Національний авіаційний університет. – К., 2008. – 20 с.

42. Транспортна екологія [текст] навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвєєва, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд; за заг. редакцією С. В. Бойченка. – К. : «Центр учбової літератури», 2017. – 508 с.

43.Повітряний Кодекс України: Закон України від 4 травня 1993

р.//Відомості Верховної Ради. – 1993. – № 25. – ст.ст.47, 54 (втратив чинність).

44.Повітряний кодекс України: Закон України від 19 травня 2011 р. №3393-VI// Відомості Верховної Ради України. – 2011.

45.Боярская З. И. Экологические аспекты безопасности гражданской авиации в Украине // Юридичний вісник 3(24). – 2012. с. 10-15.

46.Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25 червня 1991р. № 2501–11 // Відомості Верховної Ради України. – 1991. – № 41.

47.Дос. 9988 “Руководство по руководству по разработке государственных планов действий по сокращению выбросов CO₂», Монреаль, 2017.

48.Дос. 10069, САЕР/10 «Комитет по охране окружающей среды от воздействия авиации», Монреаль, 2016 г. – 454 с.

49.Международные стандарты и рекомендуемая практика «Охрана окружающей среды». Приложение 16 к Конвенции о международной организации ГА, Т.1. «Авиационный шум», 5-е изд. – Монреаль, 2008. – 258 с.

50.Международные стандарты и рекомендуемая практика «Охрана окружающей среды». Приложение 16 к Конвенции о международной организации ГА, Т.2. «Эмиссия авиационных двигателей». – 5-е изд. – Монреаль, 2008. – 118 с.

51.Мельников Б.Н., Большунов Ю.А. Актуальные направления исследований в области повышения топливной эффективности парка эксплуатируемых самолетов и снижения выбросов парниковых газов в гражданской авиации с учетом требований Киотского протокола // Научный вестник МГТУ ГА. Серия Эксплуатация воздушного транспорта и ремонт авиационной техники. Безопасность полетов. – № 135. – 2008. – с. 104-112.

52.Протоєрейський О.С. Безпека праці в авіації. Конспект лекцій. – К.: КМУЦА, 2000. – 228 с.

53.Буриченко Л.А., Гуливець В.Д. Охорона праці в авіації. – К., НАУ. 2003. – 452 с.

